


AD
1898
SERVA JUGUM
GEORGE
H·FALKINER·NUTTALL·



LEHRBUCH

DER

HYGIENISCHEN UNTERSUCHUNGSMETHODEN.

EINE ANLEITUNG

ZUR ANSTELLUNG HYGIENISCHER UNTERSUCHUNGEN UND
ZUR BEGUTACHTUNG HYGIENISCHER FRAGEN

FÜR

ÄRZTE UND CHEMIKER,
SANITÄTS- UND VERWALTUNGSBEAMTE, SOWIE STUDIRENDE.

VON

DR. MED. **C. FLÜGGE,**

PRIVATDOCENT AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

MIT 88 ABBILDUNGEN IM TEXT, 17 TABELLEN UND
4 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.



LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1881.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

DEM

SCHÖPFER DER EXPERIMENTELLEN HYGIENE

HERRN DR. MAX VON PETTENKOFER

GEHEIMEN OBER-MEDICINALRATH UND PROFESSOR
ZU MÜNCHEN

HOCHACHTUNGSVOLL ZUGEEIGNET

VOM VERFASSER

Vorwort.

Bei der vorliegenden Zusammenstellung der hygienischen Untersuchungsmethoden lag es zunächst in meiner Absicht, den Zuhörern meiner Vorlesungen und Feriencurse über hygienische Methoden einen Leitfaden an die Hand zu geben, der ihnen die Fixirung des Gehörten und Gesehenen erleichtern sollte. Ausserdem aber beabsichtigte ich, den zahlreichen, den verschiedensten Berufszweigen angehörigen Mitarbeitern an den allseitig interessirenden Fragen der Hygiene eine Hülfe bei der Ausführung experimenteller oder analytischer Untersuchungen und bei der Abfassung gutachtlicher Aeusserungen zu bieten. Theils habe ich hierbei auf die Bedürfnisse der Aerzte, Sanitäts- und Verwaltungsbeamten Rücksicht zu nehmen gesucht, welche häufig Lösungen hygienischer Fragen aus bestimmten Gesichtspunkten wünschen, aber nicht hinreichende experimentelle Schulung besitzen, um die einschlägigen Untersuchungen selbst auszuführen; und welche nicht Musse genug finden, um die für die Beurtheilung eines jeden Specialfalls nöthigen Kenntnisse über die vorhandenen Untersuchungsmethoden und deren Leistungsfähigkeit aus der zerstreuten Fachliteratur sich anzueignen. Diesen soll das vorliegende Buch durch detaillirte und möglichst elementare Beschreibung der wichtigeren Methoden Gelegenheit geben, entweder selbst manche einfachere Untersuchungen auszuführen oder aber sich wenigstens in so weit eine Einsicht in diese Methoden zu verschaffen, dass sie die erforderlichen Untersuchungen anordnen und ihre Ausführung durch einen assistirenden Sachverständigen leiten und überwachen können. — Andererseits habe ich den Bedürfnissen der Chemiker, Pharmaceuten, Techniker dadurch zu entsprechen versucht, dass ich eine möglichst vollständige Uebersicht aller wichtigeren Methoden gegeben und ausserdem am Schluss jedes einzelnen Kapitels eine kritische Erörterung der Leistungsfähigkeit der einzelnen Methoden zugefügt habe, durch welche eine richtige Deutung und Verwerthung der Untersuchungsresultate im hygienischen Interesse erleichtert werden soll.

Die wichtigeren und häufig auszuführenden Methoden sind möglichst so beschrieben, dass sie auch ohne specielle analytisch-chemische Kenntnisse ausgeführt werden können. Dem Nicht-Chemiker wird eine solche

Darstellung, bei welcher Formeln, Fachausdrücke etc. möglichst vermieden sind, willkommen sein; der Chemiker wird diese theilweise für seine Bedürfnisse zu breite Darstellung, sowie die vielfach dem modernen chemischen Sprachgebrauch nicht entsprechende Nomenclatur im Hinblick auf die dargelegte Tendenz des Buches entschuldigen müssen.

Lehrsätze und Streitfragen der Hygiene sind nur insoweit berücksichtigt, als sie in unmittelbarer Beziehung zu den beschriebenen Methoden stehen. Eine nothwendige Ausnahme von diesem Princip ist allein bei denjenigen Gegenständen gemacht, über welche die Anschauungen noch weit auseinander gehen und betreffs deren auf keine unbefangene Darstellung der modernen Auffassungen verwiesen werden konnte; namentlich habe ich es in dem Kapitel „Fermente“ vorziehen müssen, die herrschenden und sich zum Theil schroff bekämpfenden Theorieen in so weit zusammenzustellen, als sie auf die Methodik der Untersuchungen von Einfluss sind.

Die Literatur ist am Ende jedes einzelnen Kapitels angeführt. Bei der Auswahl derselben habe ich namentlich neuere Arbeiten und ferner solche berücksichtigt, die ihrerseits Literaturangaben enthalten; mit der durch diese Gesichtspunkte gegebenen Einschränkung habe ich möglichste Vollständigkeit zu erzielen gesucht, und habe mich dazu besonders durch den Umstand veranlasst gesehen, dass bisher noch nirgends eine einigermassen ausreichende literarische Uebersicht der einschlägigen Methoden gegeben ist.

Einzelnen Stellen des Textes habe ich die Handbücher resp. Specialanleitungen von Jelinek, Kubel-Tiemann, Gscheidlen, Griessmayer, Liebermann, Schmidt, Dietzsch u. A. zu Grunde gelegt; denselben Werken sind auch einzelne Abbildungen und Tabellen entnommen. Im übrigen beruht die Darstellung der Hauptsache nach lediglich auf eigener Bearbeitung; für die Mehrzahl der Themata fehlte jeder vorgängige Versuch einer ähnlichen Behandlung. Vielfach habe ich eigene noch nicht veröffentlichte Methoden aufgenommen, oder habe Hinweise auf hygienische Fragen gegeben, die einer Lösung bedürftig und zugänglich sind; dass dabei grossentheils Reminiscenzen aus dem Unterricht meines hochverehrten Lehrers Prof. F. Hofmann in Leipzig mit untergelaufen sind, bin ich mir mit dem Gefühle des herzlichsten Dankes gegen Denselben bewusst.

Die Fülle des Materials sowie die Neuheit der Bearbeitung möge es entschuldigen, wenn hier und da Lücken geblieben sind oder zuweilen eine kürzere Behandlung des Stoffes Platz greifen musste, als ursprünglich beabsichtigt war.

Berlin im October 1880.

Dr. C. Flügge.

Inhaltsverzeichniss.

Tabellen.



Vorkommende Abkürzungen.

H	bedeutet	Wasserstoff.
O	„	Sauerstoff.
CO_2	„	Kohlensäure.
CO	„	Kohlenoxyd.
C	bedeutet	Kohlenstoff.
N	„	Stickstoff.
NH_3	„	Ammoniak.
H_2S	„	Schwefelwasserstoff.

m oder met.	bedeutet	Meter.
cm oder centim.	„	Centimeter.
mm oder millim.	„	Millimeter.
mikrom.	„	Mikromillimeter (= $^1/_{1000}$ Millimeter).
kilom.	„	Kilometer.
□ met	„	Quadratmeter.
□ cent.	„	Quadratcentimeter.
□ mm	„	Quadratmillimeter
C.M. oder Cub.M. . . .	„	Cubikmeter.
l oder L oder Lit. . .	„	Liter.
cc oder cubc.	„	Cubikcentimeter.
Kgr. oder Kilogr.	„	Kilogramm.
gr oder grm	„	Gramm.
mg oder mgr oder milligr.	„	Milligramm.

Abkürzungen der citirten Zeitschriften.

Z. f. Biol.	Zeitschrift für Biologie. München.
Viert. f. öff. Ges.	Vierteljahrschrift für öffentliche Gesundheitspflege. Braunschweig.
Nied. Corr. Bl.	Correspondenzblatt des Niederrheinischen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege. Cöln.
Medic. Centralbl.	Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.
D. medic. Woch.	Deutsche medicinische Wochenschrift. Berlin.
VIRCHOW's Arch.	VIRCHOW's Archiv für pathologische Anatomie.

Arch. f. experim. Path.	Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie.
Viert. f. ger. Med.	Vierteljahrschrift für gerichtliche Medicin und öffentliches Sanitätswesen.
D. milit. ärztl. Zeitschr.	Deutsche militär-ärztliche Zeitschrift.
D. Arch. f. klin. Med.	Deutsches Archiv für klinische Medicin.
Bayr. ärztl. Intell.	Bayerisches ärztliches Intelligenzblatt. München.
Ann. d'hyg.	Annales d'hygiène. Paris.
Rev. d'hyg.	Revue d'hygiène. Paris.
Rev. mens. de méd.	Revue mensuelle de médecine et de chirurgie.
Brit. med. Journ.	British medical Journal.
Med. Tim. and Gaz.	The Medical Times and Gazette.
Lanc.	The Lancet.
Publ. H.	Public Health.
Sanit. Rec.	Sanitary Record.
Verh. d. Sächs. Ges. d. Wiss.	Berichte über die Verhandlungen der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig.
Bayr. Akad. Ber.	Sitzungsberichte der königl. Bayerischen Akademie der Wissenschaften. München.
Wiener Akad. Ber.	Sitzungsberichte der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu Wien.
Proc. Am. Acad. of arts and sc.	Proceedings of the American Academy of arts and sciences.
Proc. Roy. Soc.	Proceedings of the Royal society. London.
Tr. Roy. Ir. Ac.	Transactions of the Royal Irish Academy. Dublin.
C. R.	Comptes Rendus hebdomadaires des séances de l'académie des sciences. Paris.
Carl's Rep.	Carl's Repertorium für experimentelle Physik. München und Leipzig
Journ. de Phys.	Journal de Physique. Paris.
Z. f. Meteor.	Zeitschrift für Meteorologie. Wien.
Ann. Phys. Chem.	Annalen der Physik und Chemie. (Poggendorff's Annalen) Leipzig.
(Liebig's) Ann. Chem.	Justus Liebig's Annalen der Chemie. Leipzig und Heidelberg.
Journ. f. pr. Ch.	Journal für praktische Chemie. Leipzig.
Chem. Ber.	Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin.
Chem. Centralbl.	Chemisches Centralblatt. Leipzig.
Z. f. anal. Ch.	Zeitschrift für analytische Chemie.
Corr. d. V. anal. Chem.	Correspondenzblatt des Vereins analytischer Chemiker.
Chem. Zeit.	Chemiker-Zeitung. Cöthen.
Z. f. phys. Ch.	Zeitschrift für physiologische Chemie. Strassburg.
Bull. soc. chim.	Bulletin de la société chimique de Paris. Paris.
Ann. Chim. Phys.	Annales de Chimie et de Physique. Paris.
Journ. de Pharm.	Journal de Pharmacie et de Chimie.
Chem. Rev.	The Chemical Review. London.

Journ. chem. soc.	Journal of the chemical society. London.
Chem. News	Chemical News. London.
Am. Chem. Journ.	American Chemical Journal. Baltimore.
The Anal.	The Analyst.
Gaz. chim. ital.	Gazetta chimica Italiana. Palermo.
Pharm. Centralh.	Pharmaceutische Centralhalle (HAGER u. GEISSLER) Berlin.
Arch. d. Pharm.	Archiv der Pharmacie.
N. Rep. f. Pharm.	Neues Repertorium für Pharmacie.
Pharm. Zeit.	Pharmaceutische Zeitung.
Am. J. of Pharm.	American Journal of Pharmacie.
Pharm. Zeitschr. f. Russl.	Pharmaceutische Zeitschrift für Russland.
J. f. Landw.	Journal für Landwirthschaft.
Landwirthsch. Jahresb.	Landwirthschaftlicher Jahresbericht. Berlin.
WOLLNY's Forschungen	WOLLNY's Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturphysik. Heidelberg.
Landw. Versuchsstat.	Landwirthschaftliche Versuchsstationen.
Ann. d. Oenol.	Annalen der Oenologie.
Die Weinlaube	Die Weinlaube. Klosterneuburg b. Wien. (Verlag Frankfurt a./M.)
Milchzeit.	Milchzeitung. Bremen.
Der bayr. Bierbr.	Der bayerische Bierbrauer.
Wider d. Nahrungsf.	Wider die Nahrungsfälscher, Wochenschrift etc. in Hannover.
Naturf.	Der Naturforscher. Berlin.
Nature	Nature. London.
Les Mondes	Les Mondes. Paris.
Rev. scient. de la France	Revue scientifique de la France et de l'étranger. Paris.
Mon. scient.	Moniteur scientifique. Paris.
Philos. Magaz.	The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of science. London.
Am. Journ. of sc.	The American Journal of science. New-Haven.
Scient. Amer.	Scientific American. New-York.
J. of the FRANKLIN-Inst.	Journal of the FRANKLIN-Institute. Philadelphia.
DINGL. J.	DINGLER's Polytechnisches Journal. Augsburg.
Pol. Notizbl.	BÖTTCHER's Polytechnisches Notizblatt. Frankfurt a./M.
D. Allg. Pol. Zeit.	Deutsche Allgemeine Polytechnische Zeitung. Berlin.
Chem. Ind.	Die chemische Industrie. (E. JACOBSEN) Berlin.
Industriebl.	Industrieblätter. Berlin.
D. Ind. Zeit.	Deutsche Industriezeitung. Chemnitz.
Bull. soc. ind. de Mulhouse.	Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse. Mulhouse. Paris.
Bull. soc. d'encouragem.	Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale. Paris.
Hannov. Wochenbl.	Hannoversches Wochenblatt für Handel und Gewerbe.

Verh. d. Ver. zur Bef. des Gewerbfl.	Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses. Berlin.
J. f. Gasbel.	Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. München.
Journ. of Gas. Light.	The Journal of Gas-Lighting. London.
D. Bauzeit.	Deutsche Bauzeitung. Berlin.
Erbkam's Zeitschr.f. Bauw. . . .	(Erbkam's) Zeitschrift für Bauwesen. Berlin.
Zeitschr. f. Bauk.	Zeitschrift für Baukunde. München.
Allg. Bauz.	Allgemeine Bauzeitung. Wien.
Der Rohrleger	Der Rohrleger und Gesundheitsingenieur. Berlin.
The Plumber	The Plumber and Sanitary Engineer. New-York.
Z. d. Ver. deutsch. Ingen.	Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. Berlin.
Woch. d. Ver. deutsch. Ingen. . . .	Wochenschrift des Vereins deutscher Ingenieure. Berlin.
Woch. f. Arch. u. Ing.	Wochenschrift für Architekten und Ingenieure. Berlin.
Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. . .	Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover. Hannover.
The Engineer	The Engineer. London.

Einleitung.

Die Hygiene, deren Untersuchungsmethoden den Gegenstand des vorliegenden Werkes bilden, ist eine so junge Wissenschaft, dass es zweckmässig erscheinen muss, zunächst Aufgabe und Inhalt derselben näher zu definiren. 1) Ziele und Aufgabe der Hygiene.

Die wissenschaftliche Hygiene beschäftigt sich mit denjenigen in der gewohnheitsmässigen Umgebung des Menschen sich ereignenden Vorgängen, welche den normalen Ablauf der körperlichen Functionen des Menschen in einem erheblicheren Grade zu beeinträchtigen vermögen.

Die Hygiene bildet somit einen Theil resp. eine Ergänzung der Anthropologie, jener umfassenden Wissenschaft, welche den Menschen, seine Beschaffenheit, seine Entwickelung, sein Leben und seine Lebensbedingungen zum Gegenstand hat. Die stete Abhängigkeit des Menschen von der Beschaffenheit seiner äusseren Umgebung führt zu dem Bedürfniss einer genauen Kenntniss der letzteren; und die unzähligen Fälle, in denen das Accomodationsvermögen des Körpers trotz seiner Elasticität gegenüber einer zu intensiven oder zu anhaltenden Aenderung der normalen äusseren Bedingungen versagt und in denen Krankheit und Tod die Folge der unzureichenden Anpassung ist, bestätigen immer aufs Neue die hohe Bedeutung der Aussenwelt für das Wohlbefinden des Menschen und die Nothwendigkeit ihrer wissenschaftlichen Durchforschung.

Die Fragen, welche die Hygiene zu erörtern hat, indem sie die äusseren Lebenssubstrate des Menschen in Bezug auf ihren physiologischen oder pathologischen Effect kennen zu lernen sucht, sind äusserst zahlreich und erstrecken sich auf die verschiedensten Wissensgebiete. Bald erfordert die Luft, die zur Athmung und Entwärmung des Körpers dienen soll, Mannichfaltigkeit der hygienischen Fragen.

die aber häufig durch abnorme Temperatur oder Feuchtigkeit oder durch allerlei differente Beimengungen diese Functionen beeinträchtigt, eingehende Untersuchung; bald der Boden, der die klimatischen Verhältnisse einer Oertlichkeit zum wesentlichen Theile bedingt; andererseits wieder Nahrungsmittel und Trinkwasser, die für den Aufbau und die Erhaltung des menschlichen Körpers maassgebend sind und häufig als Träger directer Krankheitsursachen fungiren; ferner Fermente und kleinste belebte Wesen, die in den verschiedensten äusseren Medien, in Boden, Wasser oder Nahrung vorkommen, und von dort aus den menschlichen Körper inficiren und die tiefgreifendsten Veränderungen in ihm hervorbringen können; Kleidung, Wohnung, Beruf und Beschäftigung, kurz die gesammten gewohnheitsmässigen Einrichtungen des privaten und socialen Lebens, mit denen der Mensch oft unbewusst eine Menge neuer Schädlichkeiten einführt, — alle gehören zu der äusseren Umgebung des Menschen, die eine Durchforschung verlangt, um in ihrer Bedeutung für das normale Befinden des Menschen gewürdigt zu werden.

Einwürfe gegen eine specialwissenschaftliche Behandlung der hygienischen Fragen.

Gerade die Mannichfaltigkeit der Objecte der hygienischen Forschung ist indess vielfach Ursache gewesen, dass der Hygiene die Berechtigung abgesprochen ist, als gesonderte wissenschaftliche Disciplin aufzutreten; die grosse Fülle heterogenster Gegenstände, welche den verschiedensten Wissensgebieten angehören, und die fast unendliche Ausdehnung des Stoffs scheint sich nicht in den Rahmen einer einzigen Disciplin einzufügen; die stets wachsende Zahl von Krankheitsursachen, welche, theils schwerwiegender Natur, zu Siechthum oder Tod führen, theils nur geringfügigste und vorübergehende Störungen der Gesundheit veranlassen, lässt schwer jenen inneren Zusammenhang erkennen, der zu einer einheitlichen Behandlung erforderlich ist. Die nächste Consequenz dieses oft gehörten Einwurfs würde der Vorschlag sein, das Studium der verschiedenen äusseren Medien, denen die einzelnen Krankheitsursachen angehören, lediglich den bestehenden Special-Disciplinen zu überlassen, also den Boden der Geologie, die physikalische Beschaffenheit der Luft der Meteorologie, die chemischen Veränderungen der Chemie, die Mikroorganismen der Botanik u. s. w., und weiter würde der Allgemeinen Pathologie, die so wie so die Krankheitsätiologie in den Bereich ihrer Forschung zu ziehen hat, die Aufgabe zufallen, Entstehung und Verbreitung der Krankheitsursachen in den kennen gelernten äusseren Medien festzustellen.

a) Schwierigkeit einer einheitlichen Behandlung der Krankheitsursachen.

Es ist indess leicht nachzuweisen, dass jener Vorwurf in keiner Weise begründet ist, und dass die aus demselben abgeleiteten Consequenzen keine Förderung, sondern ein Hemmniss für die Erkennung der Krankheitsursachen enthalten würden. — Zunächst lässt sich der Inhalt der Hygiene in solcher Weise begrenzen, dass eine einheitliche Behandlung

und ein volles Beherrschen des Stoffs durchaus nicht mehr schwierig erscheint.

Nur wenn man die verschiedenen äusseren Ursachen von Störungen unseres Wohlbefindens ohne Rücksicht auf Art, Intensität und Häufigkeit ihrer Wirkung nebeneinanderstellt, ergiebt sich ein kaum zu entwirrendes Chaos. Aber offenbar erheischen bei weitem nicht alle beliebigen äusseren Objecte gleiche Berücksichtigung seitens der Hygiene, sondern vorzugsweise solche, welche in erheblicherem Grade störend wirken und welche gleichzeitig der gewohnheitsmässigen äusseren Umgebung des Menschen entstammen. Dadurch sind alle die Ursachen von Gesundheitsstörungen mehr weniger ausgeschlossen, welche des accidentellen Charakters entbehren, welche selten den Menschen betreffen und welche nur vorübergehende, wenig eingreifende Störungen verursachen.

Auswahl der Krankheitsursachen nach bestimmten hygienischen Gesichtspunkten.

Es wird z. B. Niemandem einfallen wollen, die mechanischen Insulte welche durch Schlag, Stoss, Fremdkörper etc. Störungen des Organismus hervorrufen, oder aber willkürliche Eingriffe des Individuums, z. B. erhebliche Abweichungen von der durchschnittlichen Lebensweise, die schliesslich zu Functionsstörungen führen, der Hygiene zuzuzählen; bei diesen ist die Ursache selbst überhaupt kaum discutirbar und die wissenschaftlichen Fragen beginnen erst von dem Moment an, wo die Ursache eingewirkt und ein Organ verletzt oder geschädigt hat. Gifte, die nicht gewohnheitsmässig sondern nur in seltenen Ausnahmefällen mit dem Menschen in Berührung kommen und ihre schädliche Wirkung auf den Organismus ausüben, werden vom ätiologischen Standpunkt weniger das Interesse erregen, als solche schädliche Stoffe, bei denen gerade die Verbreitung in der alltäglichen Umgebung des Menschen bedeutungsvoll wird. Parasiten, wie Milben, Spulwürmer, manche Phytoparasiten der Haut, die sämmtlich im schlimmsten Falle lediglich lokale Störungen eines Organs hervorrufen, bilden weit weniger das Studium der Hygiene, als Ursachen, welche tiefgreifende Störungen möglicherweise in epidemischer Ausbreitung hervorrufen. — In allen diesen Fällen bietet gerade das Vorkommen, die Verbreitung und Entwicklung der schädlichen Ursachen innerhalb der Umgebung des Menschen keine oder wenig Angriffspunkte für wissenschaftliche Fragen und Forschungen; und es wird richtig und zweckmässig sein, wenn die Toxikologie, Allgemeine Pathologie etc., welche die durch solche Ursachen erzeugten Störungen des weiteren zu verfolgen haben, auch deren Aetiologie, soweit es erforderlich, berücksichtigen.

Dagegen bilden die allgemeinen Lebenssubstrate, Luft und Licht. Boden, Nahrung, ferner die vom Menschen theils zum Schutz gegen äussere Einflüsse getroffenen, theils durch das Zusammenleben erforderlich gewordenen, allgemein verbreiteten Einrichtungen das eigentliche

Arbeitsmaterial der Hygiene; in ihnen sucht sie diejenigen Momente zu entdecken, welche accidentell, häufig, und in erheblicherem Grade Störungen im Organismus zu veranlassen im Stande sind; sie erforscht die Art und Weise des Ursprungs und der Entwicklung dieser Ursachen; und liefert dadurch die Basis für eine rationelle Abwehr der in denselben gelegenen Gefahren.

b) Möglichkeit der Behandlung hygienischer Fragen durch andere Specialdisciplinen.

Freilich berührt die Hygiene bei der Erfüllung dieser ihrer Aufgabe sehr verschiedene andere Wissensgebiete; so die Physik, Meteorologie, Chemie; im Studium mancher Objecte tritt sie in Concurrenz mit der Botanik, Zoologie, Geologie, oder mit technischen Fächern. Daraus ergiebt sich aber keineswegs als nothwendige Consequenz, dass es vortheilhaft ist, die Behandlung der hygienischen Frage ganz jenen Specialdisciplinen zu überlassen.

Die Stellung der Hygiene ist in dieser Beziehung nicht erheblich anders, als die der meisten übrigen medicinischen Disciplinen; fast jede derselben ist auf die Beihülfe der Chemie, Physik, sowie einiger Theile der Botanik und Zoologie angewiesen und verwerthet deren Lehren für ihre Zwecke, oder greift auch, von gewissen besonderes Interesse erregenden Gesichtspunkten geleitet, mit selbstständigen Forschungen auf jene Gebiete über. — Wollte man mit den hygienischen Fragen anders verfahren, und es für praktischer halten, alles was in andere Wissensgebiete hinüberragt, jenen Specialdisciplinen zu überlassen, so würde die Aussicht auf rasche Fortschritte der wissenschaftlichen Hygiene sehr gering werden, weil die einzelnen hygienisch interessanten Momente einen verschwindend kleinen Bruchtheil der Aufgaben einer einzelnen Specialdisciplin ausmachen, und weil so die Wahrscheinlichkeit, dass gerade diese Fragen eine erschöpfende Behandlung erfahren, ausserordentlich gering wird. — Beispielsweise handelt es sich bei der Bodenuntersuchung für die Hygiene um eine so specielle Kenntniss der oberen Bodenschichten, wie sie den Geologen kaum mehr interessirt. Diese Aufgabe erscheint so kleinlich gegenüber den grossen Fragen der Geologie, dass sie seitens der Specialforscher wohl schwerlich in einer die Ansprüche der Hygiene befriedigenden Weise gelöst werden würde. Zufällig stellt ausser der Hygiene auch die Landwirthschaft ähnliche Anforderungen an die Kenntniss der oberen Bodenschichten; und nur dieser älteren Concurrenz ist es zu danken, dass schon einigermassen eingehende Forschungen über den oberflächlichen Boden vorliegen, die aber immer noch bei weitem nicht für die hygienischen Interessen ausreichen.

Geringe Garantieen der Arbeiten anderer Disciplinen für rasche Fortschritte auf hygienischem Gebiete.

Der Botaniker verfolgt zwar in neuerer Zeit mit Vorliebe die kleinsten Lebensformen. Aber ihr Vorkommen in den verschiedenen Medien, die Bedingungen zu ihrer Verbreitung und Entwicklung, die quantitative Untersuchung der Luft und des Wassers auf solche Keime, das Studium

der Mittel welche ihre Entwicklung hemmen — wird nur in seltenen Ausnahmefällen und unter dem Einfluss hygienischer Gesichtspunkte den Botaniker vom Fach beschäftigen.

Wollte man warten, bis der Physiker bei Versuchen über Wärmeleitung und -strahlung gerade die hygienisch wichtigen Stoffe, wie Kleider, Baumaterialien etc. zum Versuch heranzieht, oder bis der Chemiker denjenigen Veränderungen seine Aufmerksamkeit schenkt, welche Lösungen von theilweise noch ganz unbekannten Abfallstoffen im Boden erleiden, so würden enorm lange Perioden dazu gehören, um die wichtigsten hygienischen Fragen einer Lösung näher zu bringen.

In einem solchen Vertrauen auf andere Disciplinen würde eine viel zu geringe Garantie für den Fortgang der hygienischen Forschung liegen. Gewiss wird die Hygiene zur Lösung ihrer Probleme stets eine Reihe von Resultaten aus anderen Disciplinen zu Hülfe nehmen und wird eine Theilung der Arbeit wünschen müssen, sobald Fragen vorkommen, deren Behandlung eine umfassende Kenntniss specieller Lehrsätze und Methoden erheischt; aber eben so sicher ist ein den hygienischen Gesichtspunkten angepasstes Arbeiten nur unter der Initiative und Führerschaft der Hygiene zu erwarten.

Zu geringe Berücksichtigung dringender praktischer Interessen durch andere Disciplinen.

Ein ähnlicher Conflict besteht für einige andere gerade für die Praxis wichtige Disciplinen. So hat die Agriculturwissenschaft eine äusserst ausgedehnte, in viele fremde Wissensgebiete sich erstreckende Basis. Trotzdem ist die Abzweigung einer besonderen Agriculturphysik und -Chemie nöthig gewesen, weil praktisch das Bedürfniss nach rascher Förderung einer Menge von verschiedensten hochwichtigen Fragen vorlag, weil aber ohne die leitenden Gesichtspunkte Physik und Chemie wesentlich nach anderen Richtungen hin vorgeschritten sein würden, und die Fragen, auf deren Erledigung das praktische Interesse gerichtet war, noch lange Zeit unerledigt gelassen hätten. —

In genau derselben Weise ist für die Schöpfung der Hygiene das praktische Interesse treibendes Moment gewesen; betreffs einer Menge von Fragen, welche tief eingreifen in das Wohlbefinden des Einzelnen und der Gesammtheit hat das Publikum seitens der Aerzte eine Entscheidung verlangt; und letztere haben als einziges Mittel, jenen Anforderungen gerecht zu werden, auf eine specielle Behandlung der medicinisch-ätiologischen Fragen hingedrängt. Die Hygiene hat dementsprechend die Aufgabe, die auf anderen Wissensgebieten erforschten Thatsachen auf ihre hygienische Bedeutung zu prüfen, zu sammeln und unter einheitlichen Gesichtspunkten zusammenzufassen. Sie hat die Resultate jener verschiedenen Disciplinen unter einander zu vergleichen und voraussichtlich häufig vorhandene Lücken der Beobachtung zu ergänzen;

sie kann durch Hinweise auf die vorhandenen Probleme und durch Aufstellung richtiger Gesichtspunkte anregend auf die Hülfswissenschaften wirken und so dazu beitragen, dass Fachkräfte sich in fruchtbringender Weise an der Lösung hygienischer Fragen betheiligen; sie hat endlich selbstforschend einzugreifen und theils die einzelnen Fragen specieller und eingehender zu prüfen, als es bisher geschah, theils noch völlig neues, den anderen Disciplinen fremdes Material zur Bearbeitung heranzuziehen. —

c) Befähigung der Allgemeinen Pathologie zur Cultivirung hygienischer Fragen.

Weiter lässt sich indess noch einwenden, dass in solchem Forschen und Sammeln unter einheitlichen hygienischen Gesichtspunkten noch immer kein zureichender Grund enthalten sei für die Aufstellung einer Specialdisciplin, sondern dass andere medicinische Fächer, denen ja jene Gesichtspunkte nicht fremd sind und die ebenfalls vertraut sein müssen mit der Forschungsweise der genannten Hülfswissenschaften, in ausreichender Weise die Lehre von den äusseren Lebensbedingungen und Krankheitsursachen behandeln können.

Zu dieser Aufgabe erscheinen vorzugsweise Physiologie und Allgemeine Pathologie geeignet. — Bei der physiologischen Forschung werden zwar häufig die äusseren umgebenden Medien in ihrer Einwirkung auf den Organismus berücksichtigt werden müssen, aber nur in so weit, als dieselben zur Aufklärung über einen physiologischen Vorgang dienen können. Die ganze Summe von möglichen Einflüssen der Aussenwelt, deren Kenntniss nicht zugleich auch eine Enträthselung körperlicher Functionen verspricht, erweckt nicht das physiologische Interesse.

Weit näher steht die Allgemeine Pathologie den hygienischen Fragen und diese berühren ihrerseits vielfach die Aufgaben jener. Die Allgemeine Pathologie hat zwar in erster Linie die einzelnen Störungen der körperlichen Funktionen aus den pathologisch-anatomischen Befunden und den beobachteten Krankheitssymptomen zu erklären und die Konsequenzen eines vorhandenen Defects, einer Veränderung des normalen Gewebes, einer Verstärkung oder Verminderung einzelner Funktionen, für den gesammten Organismus festzustellen. Aber ausserdem wird die Allgemeine Pathologie die äusseren Ursachen der Störungen vorzugsweise in den Bereich ihrer Forschung ziehen müssen, weil die beobachteten Funktionsveränderungen theilweise ihre Erklärung finden in der Beschaffenheit der Ursachen. Art, Umfang, Dauer, Grösse der Störungen sind bis zu einem gewissen Grade davon abhängig, ob die äussere Ursache eine Verletzung, ein physikalischer oder chemischer Einfluss, oder aber eine Infection gewesen ist. Ein volles Verständniss der Störungen wird daher erst möglich sein, wenn auch die Aetiologie eingehend berücksichtigt wird.

Obwohl somit die Allgemeine Pathologie bis auf die äusseren Ursachen der Krankheiten zurückgreifen muss, betritt sie doch nur selten das Gebiet der Hygiene. Das Studium der Pathologie beginnt erst von dem Momente an, wo die äussere Ursache mit dem Körper in Berührung getreten ist. Sie erforscht den Weg, auf welchem die Schädlichkeit in den Körper aufgenommen ist; dann die Art und Weise und den Grad der Störung, welche unmittelbar durch die äussere Ursache bewirkt werden; ferner die weitere Ausbreitung der Störung, die Schnelligkeit und Intensität ihres Verlaufs; endlich den Einfluss auf den Gesammtorganismus und den Ausgang der Störung.

Differenzen der Aufgaben und des Forschungsgebietes zwischen Allgemeiner Pathologie und Hygiene.

Das Verhalten jener Ursachen ausserhalb des menschlichen Körpers, die Entstehung von Krankheitsursachen in den den Menschen umgebenden Medien; ihre Entwicklung, Verbreitung und die Art und Weise, in der sie schliesslich zum Menschen Zugang finden, geht über das Interesse der Allgemeinen Pathologie hinaus und bildet die Aufgabe der Hygiene.

Um einige Beispiele anzuziehen, so ist die Einwirkung höherer oder niederer Temperaturen auf den Organismus Gegenstand des Studiums für die Allgemeine Pathologie. Die Hygiene hat dagegen zu erforschen, unter welchen alltäglichen Verhältnissen störende Temperatureinflüsse zu Stande kommen können; sie hat die Klimate, die Wohnung, die Kleidung darauf zu prüfen, ob und wann sie zu solchen Wirkungen beitragen können. — Schwankungen des Sauerstoff- oder des Feuchtigkeitsgehalts der Luft oder sonstige chemische Veränderungen derselben sind zuweilen Ursachen von krankhaften Störungen, deren Entstehung im Körper und deren Verlauf die Allgemeine Pathologie zu beobachten hat; Aufgabe der Hygiene ist es, auf diejenigen Zustände in unserer Umgebung und die Lebensgewohnheiten aufmerksam zu machen, in denen sich derartige Veränderungen der Luft entwickeln, und sie hat anzugeben, wie die Veränderung erkannt und mit welchen Mitteln ihrer Enstehung vorgebeugt werden kann. — Specifische Krankheitskeime verfolgt die Pathologie von ihrem Eintritt in den Organismus an; sie sucht festzustellen, welche Krankheitsform durch den Keim erzeugt wird und in welcher Weise die Anfänge der Störung entstehen; sie constatirt die weiteren Folgen der Infection auf den Organismus und beobachtet den schliesslichen Verlauf, den Ausgang und die etwaige Reproduction oder den Untergang der eingedrungenen Keime im Körper. Ausser der Beantwortung dieser Fragen bedarf es dann aber noch einer genauen Kenntniss des Verhaltens der Keime innerhalb der äusseren Medien. Die nothwendigen Bedingungen zu ihrer Entwicklung und Fortpflanzung; die Art ihrer Verbreitung in Boden, Luft und Wasser; die Art und Weise in welcher sie von da aus

zum Menschen transportirt werden können, endlich die Mittel zu ihrer Tödtung oder zur Verhinderung ihrer Entwicklung und Verbreitung sind vor allem eingehend zu erforschen und bilden einen wesentlichen Theil der Aufgabe der Hygiene.

Im Allgemeinen nimmt demnach die hygienische Forschung ihren Ausgangspunkt stets von den äusseren Lebenssubstraten. Diese prüft sie und sucht in ihnen die Ursachen krankhafter Störungen; die Pathologie dagegen geht von den pathologisch-anatomischen Befunden und von der Beobachtung der krankhaften Symptome am Menschen aus, und erst diese führen sie auf die Krankheitsursachen, die näherer Erörterung werth erscheinen.

Differenzen der Art und Weise der wissenschaftlichen Forschung zwischen Allgemeiner Pathologie und Hygiene.

Es besteht trotzdem nicht sowohl eine strenge, durch eine tiefe Scheidewand markirte Trennung zwischen Allgemeiner Pathologie und Hygiene; sondern beide haben die mannigfaltigsten Berührungspunkte und werden sich häufig gegenseitig ergänzen müssen. Die Allgemeine Pathologie (und Physiologie) hat in ihren Lehrsätzen über die Beziehungen zwischen Lebensbedingungen und Funktionen des Organismus der Hygiene zum grossen Theil die Gesichtspunkte zu liefern, nach denen das Studium der äusseren Lebenssubstrate von dieser zu behandeln ist; auf der anderen Seite werden die Ergebnisse der hygienischen Forschung über die Entstehung und Verbreitung mancher Krankheitsursachen den Arbeiten des Pathologen oft willkommene Unterstützung bieten. — Auch in Bezug auf die Hülfsmittel, welche zur Feststellung der Wirkung der äusseren Ursachen auf den Körper dienen, differiren beide Disciplinen in bemerkenswerther Weise und ergänzen sich gegenseitig. In der Pathologie ist das Experiment am Thier oder auch am Menschen in sehr vielen Fällen das entscheidende Mittel zur Lösung vorliegender Fragen. Als Schlussstein einer hygienischen Untersuchung ist aber das Experiment in den meisten Fällen gar nicht zulässig, weil die Einflüsse unserer Umgebung nicht auf jeden beliebigen, sondern nur auf den menschlichen Organismus alterirend einwirken. So würde sich die Mehrzahl der Infectionskeime, ferner manche Veränderungen im physikalischen und chemischen Verhalten der Luft, Abnormitäten der Nahrung, der Wohnung lediglich am Menschen selbst auf Art und Intensität ihrer Wirkung prüfen lassen. Im Menschen aber verursachen jene Momente meist eine so eingreifende Störung, dass Versuche an ihm durch die möglichen Folgen derselben völlig ausgeschlossen sind. In solchen Fällen applicirt nun die Hygiene die Methode der statistischen Beobachtung; diese ermöglicht es, Verhältnisse der Umgebung des Menschen auf ihren hygienischen Effect zu prüfen, lange bevor es der Pathologie möglich ist durch Experiment oder Beobachtung die Wirkungen solcher Ursachen zu constatiren. Klimatische

Differenzen und Aenderungen der Witterung, die in zu geringfügigen Aenderungen der Temperatur, des Drucks oder der Feuchtigkeit bestehen, um Angriffspunkte für experimentelle Prüfung zu geben, kann man durch geeignete vergleichende Zusammenstellung mit der Morbiditätsstatistik in ihrer Wirkungsweise zu erkennen suchen; während die Mehrzahl der Infectionskeime noch völlig unbekannt und deshalb dem Experiment unzugänglich ist, vergleicht die Hygiene die verschiedensten örtlichen und zeitlich wechselnden Zustände unserer Umgebung mit den Erkrankungsfällen an jenen Infectionskrankheiten und sucht so diejenigen Verhältnisse festzustellen, welche die Entwicklung der specifisch schädlichen Keime begünstigen. Für eine Reihe anderer Krankheitsursachen ist das Studium ihrer Entstehung, Verbreitung und Verhütung in ganz ähnlicher Weise lediglich durch die Methode der statistischen Beobachtung möglich. —

Zu grosse Belastung der Allgemeinen Pathologie durch die eigenartigen Aufgaben und Methoden der Hygiene.

Wollte man nun die Hygiene in der Allgemeinen Pathologie völlig aufgehen lassen, so würde letztere nothwendig auch die Durchforschung der äusseren Lebenssubstrate und die Prüfung derselben auf schädliche Wirkungen mittelst der statistischen Methode zu cultiviren haben. Dadurch aber würde eine Mehrbelastung der Allgemeinen Pathologie eintreten, welche dieselbe schwerlich ertragen könnte, um so mehr, weil die Methoden, welche zur Untersuchung der Luft, des Bodens, der Wohnung etc. nöthig sind, erheblich von den sonst üblichen medicinischen Methoden abweichen und weil diese ebenso wie auch die statistische Behandlung hygienischer Fragen eine specielle Schulung erfordern. Vielmehr scheint nur durch eine Trennung beider Disciplinen und durch eine Theilung ihrer Arbeit jenes volle Verständniss der zu lösenden Aufgaben und jenes Einarbeiten in die Methodik möglich zu sein, welches allein einen raschen und sicheren Fortschritt garantirt.

Nothwendigkeit einer streng fachmässigen Behandlung der hygienischen Fragen.

Die Art und Weise der Entwicklung der Hygiene in den verflossenen Jahrzehnten enthält noch ein weiteres Motiv, um eine selbstständige exacte, hygienische Forschung zu wünschen. Veranlasst durch das lebhafte Streben nach Aufklärung über wichtige hygienische Fragen, haben in letzter Zeit eine Menge von Aerzten, Chemikern, Technikern sich an der Lösung hygienischer Probleme zu betheiligen versucht; so erwünscht auf der einen Seite dieses rege Interesse an der Hygiene sein muss, so hat es doch andererseits die Folge gehabt, dass wenig Untersuchungen mit der erforderlichen Schulung in den Methoden und mit genügender Kenntniss der leitenden Grundsätze der Physiologie und Pathologie angestellt und dass dann Speculationen aller Art auf die Basis der halbbewiesenen Resultate aufgebaut sind. Nur einer fachmässigen, wissenschaftlichen Behandlung der hygienischen Fragen wird es gelingen, hier

bessernd einzugreifen; zunächst wird derselben die undankbare Aufgabe zufallen, Unrichtigkeiten der bisher aufgestellten Sätze darzuthun, skeptisch und negirend die bisherigen Theorieen anzugreifen, und dann erst in mühsamer Arbeit neue Bausteine zusammenzutragen und aneinanderzufügen, aus denen ein festes Gebäude hygienischer Sätze aufgeführt werden kann.

---

2) Die Methode der hygienischen Forschung.

Ausser der Aufgabe der Hygiene und ihrer Abgrenzung gegenüber anderen Disciplinen, erfordert noch die Art und Weise in welcher diese Aufgabe zu behandeln ist, eine kurze Erörterung.

Nothwendigkeit inductiver Methode.

Im engen Anschluss an die medicinischen und naturwissenschaftlichen Disciplinen, mit denen die Hygiene so vielfache Berührungspunkte zeigt, hat dieselbe ihre Resultate nach inductiver Methode zu gewinnen. Sie hat zunächst ein möglichst grosses Beobachtungsmaterial zu sammeln und aus diesem erst die Erkenntniss der Vorgänge in unserer Umgebung abzuleiten. Kein vorher construirtes System, keine auf Speculation basirende Theorie darf die unbefangene Beobachtung trüben. — Besondere Vorsicht ist bei Anstellung und Verwerthung der statistischen Beobachtungen nöthig. Diese sollen nicht in einer rohen Empirie bestehen, die aus wenigen Einzelfällen einen allgemein gültigen Erfahrungssatz ableitet, sondern sie müssen auf das sorgfältigste alle Factoren, die auf das Zustandekommen der untersuchten Vorgänge von Einfluss sein können, in Betracht ziehen und die zahlreichen Fehlerquellen nach Möglichkeit reduciren, indem sie nur mit grossen Zahlenreihen operiren.

Wünschenswerthe Beeinflussung der hygienischen Forschung durch praktische Motive.

Von besonderem Einfluss auf die Art der hygienischen Forschung werden namentlich die Motive sein, welche zu den betreffenden Arbeiten Anlass geben. — Als exacte Wissenschaft sollte sich die Hygiene bei ihrem Studium eigentlich durch nichts anderes treiben und leiten lassen, als durch die reine Wissbegierde. Das einfache Streben nach Erkenntniss der Vorgänge in unserer Umgebung und nach dem Wie und Warum ihrer Einwirkung auf den Organismus sollte vorzugsweise die Forschung beherrschen. — Aber für die Hygiene gilt jedenfalls mehr wie für die meisten anderen Disciplinen, der Satz, dass die Wissenschaft auch nützlich sein müsse. „Freilich wissen wir, dass keine Art des Wissens nutzlos ist, dass schliesslich jede Art des wirklichen Wissens auch nützlich wird; aber es ist doch ein grosser Unterschied, ob der Nutzen, den ein wissenschaftlicher Fortschritt bringt, sich erst nach Decennien, vielleicht erst nach Generationen, oder ob sich er schon nach Monaten vollzieht, ob die Männer der Wissenschaft, die ein neues Gesetz entdecken, einem beliebigen Dritten überlassen, dieses Gesetz anzuwenden, oder ob sie sich

selbst die meist viel kleinere Mühe machen, zu überlegen, ob die Sache nicht vielleicht dem grossen Ganzen Nutzen bringen könne. Männer der strengen Wissenschaft dürfen es nicht verschmähen, auch Männer der nützlichen Wissenschaft zu sein.“ (VIRCHOW.) —

Gefahren eines zu starken Vorwiegens praktischer Motive.

Trotzdem dürfen freilich die praktischen Motive nicht zu sehr die wissenschaftlichen Untersuchungen beeinflussen. Sonst ist Gefahr vorhanden, dass vielfach Fragen zur Untersuchung gezogen werden, die noch gar nicht discutirbar sind, weil die für eine methodische Untersuchung nothwendigsten Vorkenntnisse fehlen. Im Verlauf solcher Untersuchung zeigt sich dann leicht, wie man eigentlich immer weiter zurückgreifen und sich von den praktisch angestrebten Zielen entfernen müsste, um zu einer sicheren Entscheidung zu gelangen; und häufig wird alsdann ein zweifelhaftes Resultat einer solchen vermeintlich nutzlosen weitausholenden Arbeit vorgezogen. — Die praktische Bedeutung hygienischer Fragen und das übereifrige Bestreben, dieselben rasch zur Lösung zu bringen, verleitet ausserdem häufig dazu, Theorieen von weittragender Bedeutung auf solche mangelhaft bewiesene Sätze, oder, wenn alle Thatsachen fehlen, nur auf die hypothetisch geäusserten Meinungen von Autoritäten aufzubauen.

Gegensatz zwischen den Aufgaben der praktischen Gesundheitspflege und der Hygiene.

Dieses zu stark ausgeprägte Streben nach praktischen Vortheilen wirkt auf die hygienischen Untersuchungen um so unheilvoller, weil den sanitären Reformen, namentlich soweit sie sich auf das sociale Leben erstrecken, de facto oft gar keine eigentlichen hygienischen Motive zu Grunde liegen, sondern wesentlich andere Gesichtspunkte, die das Gebiet der Hygiene nur oberflächlich streifen. Eine solche Verwechslung der Motive ist deshalb leicht möglich, weil selten eine scharfe Grenze zwischen den Objecten, welche unsere Gesundheit schädigen, und denjenigen, welche nur unser Wohlbefinden und unseren Lebensgenuss stören, gezogen wird. Auf unser Wohlbefinden wirken eine Menge äusserer Reize, die einzeln genommen und für kürzere Zeit kaum irgend eine Function des Körpers zu beeinflussen vermögen, die aber in ihrer Gesammtheit und bei anhaltender Einwirkung für das volle Wohlbefinden von enormer Bedeutung sind. Namentlich sind es widrige sinnliche Eindrücke, und vorzugsweise solche, an welche wir unangenehme Vorstellungen zu knüpfen pflegen, die mit grösster Energie und eventuell mit schweren Opfern aus unserer Nähe entfernt werden. Die Empfindlichkeit gegen solche Einflüsse steigt mit der Civilisirung und der Verfeinerung des Lebensgenusses; und in einer gewissen Epoche wird eine jede Bevölkerung zu Bestrebungen gelangen, welche eine Entfernung der Abfallstoffe, Beschaffung erfrischenden Wassers, tadelloser und reiner Nahrung, Verlegung der Kirchhöfe aus dem Gesichtskreise der Einwohner u. s. w. bezwecken. Man verdeckt zwar diese eigenthümliche Empfindlichkeit gern mit anderen schwer

wiegenden hygienischen Motiven; aber eine vorurtheilsfreie Betrachtung der täglich vorkommenden Fälle von Verunreinigung des Wassers oder der Nahrung, zeigt immer wieder, dass es nicht die hygienisch nachweisbar schädlichen Zusätze sind, die das Publikum am meisten empören, sondern diejenigen, an welche eine Ekel erregende Vorstellung geknüpft wird.

Mit grosser Vorsicht ist darauf zu achten, dass die hygienische Forschung sich nicht von derartigen Gesichtspunkten beeinflussen lässt; in dieser Beziehung gehen die Interessen der wissenschaftlichen Hygiene und der praktischen Gesundheitspflege weit auseinander.

Die Gesundheitspflege hat das Wohlbefinden des Menschen im weitesten Sinne und namentlich auch die Entfernung widriger sinnlicher Eindrücke anzustreben;

Eine Berücksichtigung der das Wohlbefinden alterirenden Ursachen und eine wachsame Handhabung der öffentlichen Gesundheitspflege, die bereits jenen Momenten vorzugsweise Beachtung geschenkt hat, ist entschieden zu wünschen. Es ist ja keine Frage, dass Wasser, welches zwar nicht direct Krankheiten erzeugt, aber trübe und nicht wohlschmeckend ist; ferner übelriechende Luft, die zwar nicht giftige Bestandtheile enthält, aber die Lust zu tiefem, ergiebigem Athemholen benimmt; dass Nahrung, die zwar in ihrem Nährwerth nicht verändert ist, aber durch Aussehen oder Geruch Ekel erregt, das Wohlbefinden des Menschen zu schädigen geeignet ist; und dass schliesslich derartige Momente, wenn sie in grosser Zahl und häufiger einwirken, sogar entschiedene Störung der Gesundheit veranlassen können. — Es wird daher durchaus gerechtfertigt sein, wenn die Gesundheitspflege diesen Schäden energisch entgegentritt und zwar ohne eine Summirung oder ein Extrem abzuwarten, sondern selbst in jedem Einzelfall und im Anfangsstadium.

und wird häufig, um praktischen Nutzen zu stiften, zu Maassnahmen greifen müssen, deren Erfolg vom wissenschaftlichen Standpunkt aus angezweifelt werden kann.

Ferner ist es für die öffentliche Gesundheitspflege unerlässlich, dass sie dann und wann in der Oeffentlichkeit mit praktischen Maassregeln vorgehen muss, wo das zu bekämpfende Object noch gar nicht bekannt und eigentlich nicht angreifbar ist. Sie verhält sich in dieser Beziehung ähnlich wie die praktische Medicin, die oft einer Krankheit gegenübersteht, die sie ihrem Wesen nach nicht kennt und gegen die sie über kein Heilmittel verfügt; der Patient will jedoch in solchen Fällen wenigstens den Versuch eines Mittels und der Arzt ist häufig in der Lage eine Verordnung treffen zu müssen, von deren Wirkungslosigkeit er überzeugt ist, nur „ut aliquid fecisse videamur“, um die Hoffnung des Kranken nicht zu täuschen und um ihn nicht in seinem angstvollen Haschen nach irgend welcher Hülfe zum Gebrauch geradezu schädlicher Mittel zu veranlassen. In derselben Weise verlangt z. B. das Publikum in Zeiten gefahrdrohender Epidemien irgend welche Schutzmaassregeln von der öffentlichen Gesundheitspflege; wollte diese mit der Antwort, dass kein Mittel existire, dessen Schutz- oder Desinfectionskraft unwiderleglich bewiesen sei, die

Ansprüche des Publikums zu beschwichtigen suchen, so würde letzteres nichtsdestoweniger zu irgend welchen Maassregeln greifen, aber vielleicht zu ganz unzweckmässigen, von weniger competenter Seite empfohlenen, und weit weniger streng geprüften.

Gewiss ist es unter solchen Umständen Aufgabe der öffentlichen Gesundheitspflege diejenigen praktischen Maassnahmen zu empfehlen, welche nach dem augenblicklichen Stand der hygienischen Wissenschaft am wahrscheinlichsten den angestrebten Zweck erreichen und welche am geeignetsten erscheinen, um dem Publikum Vertrauen einzuflössen.

Aber die wissenschaftliche Hygiene darf selbstverständlich von diesen praktischen Tendenzen der Gesundheitspflege nicht beeinflusst werden. Ihre Folgerungen dürfen nicht weiter reichen, als es die durch exact angestellte Experimente und Beobachtungen gewonnenen Resultate gestatten. Nur dann kann sie mit der Zeit ein festes Fundament auch für eine rationelle, von sicheren Erfolgen begleitete Gesundheitspflege liefern. Die hygienische Forschung muss sich dieses Gegensatzes zur praktischen Gesundheitspflege pewusst bleiben.

Eine übersichtliche und ungezwungene Eintheilung des Inhalts der Hygiene in verschiedene Capitel ist durch die Fülle des zu behandelnden Materials einigermaassen erschwert. Vielfach hat man eine „private“ und eine „öffentliche“ Hygiene unterschieden und demgemäss im ersten Theil diejenigen gesundheitsschädlichen Momente der Aussenwelt besprochen, die das einzelne Individuum betreffen; im zweiten Theil dagegen die Krankheitsursachen, welche vorzugsweise in dem aus vielen Individuen zusammengesetzten Gemeinwesen vorkommen und hier Schutzmaassregeln erheischen. — Eine solche Trennung ist schwer durchzuführen; der Mensch lebt fast stets in grösseren Gemeinwesen und ein Einzelindividuum, auf welches die aus dem Zusammenleben sich ergebenden Einflüsse nicht einwirken, ist daher mehr hypothetischer Natur und praktisch nicht in Rechnung zu ziehen; andererseits sind die Einrichtungen und Modificationen der äusseren Umgebung, welche die sociale Hygiene ausmachen, nicht so eigenartig und unabhängig von der privaten Hygiene, dass sie in gesonderten Capiteln behandelt werden könnten. 3) Eintheilung des Inhalts der Hygiene. Eintheilung in private und öffentliche Hygiene. Schwierigkeiten einer solchen Trennung.

Eine zweckmässigere Gruppirung der hygienischen Objecte lässt sich dadurch erreichen, dass man die natürliche Umgebung des Menschen der künstlichen Umgebung gegenüberstellt, welche sich der Mensch theilweise zum Schutz gegen die natürlichen Einflüsse, theils aus Anlass des Zusammenlebens mit einer grösseren Zahl von Individuen zu schaffen pflegt. Eintheilung der Hygiene in:

Im ersten Theil sind sodann die allgemeinen Lebenssubstrate: Luft, Boden, Wasser und Nahrung abzuhandeln. Aus praktischen Gründen wird es ausserdem indicirt sein, den Fermenten, deren Vorkommen in a) Einflüsse der natürlichen Umgebung des Menschen.

der gesammten natürlichen Umgebung besonderes Interesse erregt, einen weiteren Abschnitt zu widmen.

b) Einflüsse der künstlichen Umgebung und des Zusammenlebens der Menschen.

Der specielle Theil erörtert sodann in den Capiteln über Kleidung, Wohnung, Beruf und Beschäftigung, Volkskrankheiten, die Einflüsse der künstlichen Umgebung und des Zusammenlebens der Menschen.

Innerhalb der einzelnen Capitel würde naturgemäss eine Eintheilung des zu behandelnden Gegenstandes in der Weise zu erfolgen haben, dass zunächst die Beschaffenheit des betreffenden Gebietes der menschlichen Umgebung und die in demselben zur Geltung kommenden und bereits beobachteten Einflüsse auf den menschlichen Körper besprochen werden.

Weitere Eintheilung in Gesundheitslehre, Untersuchungsmethoden und Gesundheitspflege.

Zweitens sind die Methoden zu beschreiben, mittelst derer eine Untersuchung und Durchforschung des betreffenden Gebietes möglich ist. Drittens würde anzugeben sein, welche Mittel zur Abwehr gegen die kennen gelernten Einflüsse in Anwendung zu ziehen sind.

Im vorliegenden Werke erfahren lediglich die hygienischen Untersuchungsmethoden eine eingehende Besprechung, während Gesundheitslehre und Gesundheitspflege nur in so weit Berücksichtigung finden werden, als es zum Verständniss der Methoden unmittelbar erforderlich scheint. Betreffs einer genaueren Orientirung über diese Abschnitte muss daher auf die vorhandenen Lehrbücher und Zeitschriften der Hygiene und öffentlichen Gesundheitspflege verwiesen werden.[1] —

1) Die empfehlenswerthesten Compendien der Hygiene sind folgende: Parkes. A Manual of practical Hygiene. London 1873. — Roth und Lex, Handbuch der Militärgesundheitspflege. Berlin 1871—77. — Kirchner, Lehrbuch der Militärhygiene, Stuttgart 1877. — Geigel, Handbuch der Gesundheitspflege. — Sander, Handbuch der öffentlichen Gesundheitspflege. — Speciell über Untersuchungsmethoden für einzelne Capitel der Hygiene handeln: Fox, Sanitary examinations of water, air and ford. London 1878. — W. Schmid, Anleitung zu sanitarisch- und polizeilich-chemischen Untersuchungen. Zürich 1878. — Genaue Anleitung zur Ausführung derjenigen chemischen Methoden, welche im vorliegenden Werke nur andeutungsweise behandelt sind, findet man in: Fresenius, Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse, 7. Auflage. — Für eingehendere Studien über Untersuchungsmethoden ist ferner die Benutzung von Fresenius' Zeitschrift für analytische Chemie (Bd. 1, 1862. — Bd. 19, 1880.) unerlässlich; ausserdem bringen namentlich folgende Zeitschriften Originalartikel oder Referate über hygienisch wichtige Methoden: Dingler's Polytechnisches Journal. — Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege. — Zeitschrift für Biologie. —

Erster Abschnitt.

Untersuchung der Luft.

A. Physikalische Untersuchung der Luft (Meteorologie).

Beziehungen zwischen meteorologischen Erscheinungen und Krankheiten.

Der Glaube an eine enge Beziehung zwischen den örtlichen und zeitlichen Schwankungen im physikalischen Verhalten der Atmosphäre, den Klima- und Witterungseinflüssen einerseits, und den Krankheiten andererseits besteht seit den ältesten Zeiten. Dennoch ist in den meisten Fällen diese Annahme nicht durch genügende Gründe gestützt und nur selten hat sich der Einfluss des Wetters auf die eine oder andere Krankheit streng erweisen lassen. Auch die neuerdings mit besonderer Sorgfalt und mit einem enormen Aufwand an Zeit, Arbeit und Kosten durchgeführten meteorologischen Beobachtungen, und die vielfachen Versuche, die Resultate derselben mit der Morbiditäts- und Mortalitätsstatistik in Verbindung zu setzen, haben zu keinem besseren Erfolge geführt. Wie wenig positives über die Krankheitsätiologie von Klima und Witterung vorliegt, geht am besten aus der streng kritisch behandelten Zusammenstellung der Verbreitung der Krankheiten hervor, welche Hirsch in seinem ausgezeichneten Handbuch der historisch-geographischen Pathologie gegeben hat. —

Schwierigkeit des Nachweises eines Zusammenhangs zwischen meteorologischen Daten und der medicinischen Statistik.

Bei der grossen Schwierigkeit einer statistischen Feststellung der Beziehungen zwischen Meteorologie und Krankheitsfällen ist ein derartiger Mangel an gesicherten Resultaten leicht begreiflich. Es ist wahrscheinlich, dass die beiden verglichenen Grössen — Witterung oder Klima und Krankheits- oder Todesfälle — überhaupt einer statistischen Analyse nur in sehr beschränktem Maasse zugänglich sind. Grosse und leicht erkennbare Ausschläge darf man nicht erwarten, weil die directen Einwirkungen der Witterung und des Klimas meist viel zu geringfügig sind, um solche Störungen hervorzurufen, die als Krankheiten registrirt werden, oder zum Tode führen; häufiger mag ein indirecter Einfluss bestehen; bei diesem ist dann aber der complicirte Causalnexus kaum zu entwirren, und neben den atmosphärischen Einflüssen wirken noch so viel andere Momente auf die Morbiditäts- und Mortalitätsziffer, selbst wenn nur einzelne Krankheiten ausgesondert werden, dass es kaum möglich erscheint, gewisse Schwankungen derselben nun gerade aus einem bestimmten Witterungseinfluss abzuleiten. — Z. B. liefern die atmosphärischen Niederschläge einen gewissen Bruchtheil zur Durchfeuchtung des Bodens; letztere wirkt mög-

licherweise — aber nicht immer in gleichem Grade, sondern wieder ganz verschieden je nach der Art der vorausgegangenen Niederschläge — auf die Entwicklung inficirender Keime im Boden; und erst von diesen aus kann vielleicht unter gewissen weiteren disponirenden Verhältnissen eine Infection des Körpers erfolgen. Ebenso wirkt anhaltende Winterkälte viel weniger direct schädlich, als vielmehr indirect durch Vermittlung der Wohnungen; hier kommen stets gleichzeitig die Heizeinrichtungen und die durch diese bewirkten Veränderungen der Zimmerluft in Betracht, die viel abnormer sind als sie je in der äusseren, so vielfach und regelmässig untersuchten Luft vorkommen. So wird der reine Effect des meteorologischen Vorgangs fast stets mehr weniger verwischt, und die Ermittlung seiner Bedeutung ausserordentlich erschwert.

Ungenügende Berücksichtigung hygienischer Gesichtspunkte durch die bisherigen meteorologischen Beobachtungen.

Wenn aber die meteorologischen Beobachtungen zu hygienisch brauchbaren Resultaten führen sollen, so sind sie jedenfalls in erheblich anderer Weise anzustellen, als bisher üblich war. Die Methode der Beobachtung ist zu wenig zugeschnitten auf eine hygienische Verwerthung der registrirten Zahlen, und zwischen letzteren und den körperlichen Functionen oder deren Störungen ist zum Theil gar keine innere, ursächliche Beziehung denkbar. So hat z. B. die stets gemessene relative Feuchtigkeit der Luft nur wenig Einfluss auf die Wärme- oder Wasserabgabe des Körpers; sondern das bisher nicht beobachtete Sättigungsdeficit der Luft, das sowohl von der Lufttemperatur als von der relativen Feuchtigkeit abhängt, ist bei weitem bedeutungsvoller. So hat die Messung der absoluten Niederschlagsmengen unmöglich hygienisches Interesse. Durch die Niederschläge kann die Luftbeschaffenheit, die Bodenfeuchtigkeit geändert werden und diese können ihrerseits möglicherweise hygienische Effecte ausüben; aber beide gehen keineswegs proportional der absoluten Höhe der Niederschläge, sondern hängen nur von gewissen wechselnden Bruchtheilen derselben ab und es ist sehr schwer sich vorzustellen wie eine Beziehung zwischen den ganzen Niederschlagsmengen und Krankheiten zu Stande kommen soll. — Ferner sind die Mittelzahlen, die der Meteorologe giebt, wenig für hygienische Beobachtungen geeignet; dieselben können die Schwankungen atmosphärischer Einflüsse, mit welchen Störungen des Körpers zusammengehen, um so leichter verdecken, als die hygienisch wichtigen Momente noch ganz unbekannt sind und erst aus den Beobachtungszahlen entnommen werden müssen.

Nothwendigkeit eingehender, den Bedürfnissen der Hygiene angepasster Untersuchungen.

Soll daher die meteorologische Beobachtung bessere Resultate für die Hygiene liefern, so sind hauptsächlich die Momente in Betracht zu ziehen, denen — nach unseren bisherigen aus Physiologie, Pathologie und Hygiene gesammelten Erfahrungen — möglicherweise ein Einfluss auf den Ablauf irgend welcher körperlicher Functionen zugemuthet werden kann. — Zweitens sind statt der, vorzugsweise mit Rücksicht auf richtige Mittelzahlen ausgewählten, wenigen Beobachtungen möglichst eingehende Untersuchungen anzustellen, deren Resultate eine beliebige Combinirung gestatten und es so vielleicht ermöglichen, manche hygienisch bedeutungsvolle Momente herauszufinden.

Im Folgenden wird bei den einzelnen Capiteln noch häufig auf diese Schwierigkeiten einer hygienisch verwerthbaren meteorologischen Beobachtung hingewiesen werden müssen.

I. Beobachtung der Temperatur.

Zu meteorologischen Temperaturbeobachtungen benutzt man fast lediglich Thermometer und nur in seltenen Fällen Thermoelemente.

Die gebräuchlichsten Instrumente sind die Quecksilberthermometer, die aus einer hohlen Glaskugel, dem Gefäss, und einer damit verbundenen feinen Capillarröhre bestehen, welche letztere luftleer gemacht und oben zugeschmolzen ist. Gefäss und ein Theil des Capillarrohrs sind mit Quecksilber gefüllt; man misst den Grad der Temperaturveränderung an der Volumänderung des Quecksilbers, die sich in dem feinen Rohr durch relativ bedeutende, leicht sichtbare und an einer Gradtheilung abzulesende Excursionen bemerkbar macht. 1) Quecksilberthermometer.

Bei der Anwendung der Quecksilberthermometer sind folgende Cautelen zu beachten:

Erstens: Der Nullpunkt ist von Zeit zu Zeit — etwa zweimal jährlich — zu controliren. Das Caliber der Thermometerröhre und namentlich des Gefässes verändert sich nämlich oft noch Monate und Jahre nach der Anfertigung dadurch, dass erst sehr allmählich die Lagerung der Glasmoleküle, die bei der Bearbeitung gestört war, wieder constant wird, und namentlich dadurch, dass der äussere Luftdruck das innen luftleere Thermometerrohr etwas comprimirt. Die Controle wird in der Weise ausgeführt, dass man das Thermometer in ein mit fein zerstossenem, schmelzendem Eise gefülltes hölzernes Gefäss einsenkt, das unten mit Oeffnungen zum Ablaufen des Wassers versehen ist. Das Gefäss des Thermometers soll dabei von Schmelzwasser umspült sein, das aber von dem Punkt seiner Bildung an noch eine dicke Eisschicht durchflossen hat. Ein richtig zeigendes Instrument muss sich dann nach einiger Zeit auf 0° einstellen. Controle des Nullpunkts.

Genau genommen lassen sich an jedem Thermometer mehrere Nullpunkte beobachten; so unterscheidet Berthelot einen solchen, der eintritt, wenn sich das Thermometer einige Monate in gewöhnlicher mittlerer Temperatur befand, und einen anderen, der von ersterem um mehrere Zehntel Grad differirt und der beobachtet wird, wenn das Thermometer kurz vor der Prüfung auf Siedetemperatur

erwärmt war; in diesem Falle bleibt nämlich die Capacität des Glases, die bei 100° eintritt, eine Zeitlang bestehen. — Pernet fand, dass die Depressionen, welche der Nullpunkt eines Thermometers erfährt, mit grosser Annäherung dem Quadrate der Temperatur proportional sind, welcher das Thermometer längere Zeit ausgesetzt wurde. Nach längerem, ununterbrochenem Sieden erreichen Siedepunkt und Nullpunkt einen jeweilig constanten Stand. — Die Vermuthung, dass die Depression des Nullpunkts nicht durch eine Veränderung des Thermometergefässes, sondern dadurch bedingt sei, dass das Schmelzwasser bei dem oben geschilderten Verfahren leicht eine über 0° liegende Temperatur annehme, führte zu dem Vorschlag, zur Controle des Nullpunkts stets nur überkältetes Wasser zu benutzen, welches, plötzlich zum Gefrieren gebracht, genau die Temperatur 0° zeigt. — Jedoch sind alle die hier hervorgehobenen möglichen Fehler nicht so bedeutend, dass sie eine Abänderung und Complicirung der erstbeschriebenen Methode erheischten.[1]

Controle des Siedepunkts.

Zweitens ist für genauere Messungen auch der Siedepunkt zu controliren. Dies kann nicht durch Eintauchen des Thermometers in siedendes Wasser geschehen, da bekanntlich die Siedetemperatur von dem Barometerstande, von der Reinheit des Wassers und von der Beschaffenheit des Gefässes, in dem das Wasser siedet, abhängig ist. Dagegen ist die Temperatur des Dampfes von siedendem Wasser lediglich abhängig vom Barometerstande. Um daher den Siedepunkt zu controliren, wird in dem langen Halse eines Kochkolbens (Fig. 1) ein weites Glasrohr mittelst Kork befestigt, welches unten offen, oben aber mit doppelt durchbohrtem Kork verschlossen ist. In dessen eine Bohrung steckt man das Thermometer, in der anderen befindet sich eine nicht zu enge, gebogene Glasröhre. Im Kolben wird nun destillirtes Wasser zum Kochen erhitzt, so dass dessen Dampf das Thermometer vollständig einhüllt; nach einiger Zeit muss sich letzteres genau auf 100° einstellen, wenn der auf 0° reducirte Barometerstand gerade 760 mm beträgt. Ist der Luftdruck höher oder niedriger, so wird das Thermometer eine andere Siedetemperatur anzeigen, die aus Regnault's Tabellen über die Siedetemperatur des Wassers bei verschiedenem Barometerstande leicht entnommen werden kann.[2] (S. Tab. 1.)

Fig. 1.



Siedepunktcontrole.

Calibrirung d. Thermometerröhre.

Drittens hat man sich bei neuen Instrumenten von der gleichmässig cylindrischen und gleichweiten Form der Capillarröhre zu überzeugen, weil die Eintheilung des Maassstabes in gleich grosse Grade nur richtig ist, wenn diese Bedingungen erfüllt sind. Eine solche Calibrirung geschieht dadurch, dass man durch Erhitzen der Thermometerröhre über einer Stichflamme oder durch schnelles Neigen und leichte Stösse einen Quecksilberfaden von der übrigen Masse abtrennt, dem man durch allmähliche Erwärmung oder Abkühlung leicht eine bestimmte Länge geben kann; dieser Faden wird dann in der Röhre hin und her verschoben und man beobachtet, ob er an jedem Theil der Röhre die gleiche Anzahl von Graden bedeckt. —

Diese Calibrirung ist sehr zeitraubend und erfordert einige Uebung; ausserdem wird sie weit bequemer bei der Anfertigung der Thermometer vor dem Verschluss der Glasröhre vorgenommen. — Auch die beschriebene Controle des Siedepunkts erheischt complicirtere Manipulationen; in der Mehrzahl der Fälle und wo es nicht

auf extreme Genauigkeit ankommt, kann man aber beide Prüfungen umgehen und die Controle nach einfacherer Methode vornehmen.

Aichung nach einem Normalthermometer.

Man kann nämlich die Thermometer auch in der Weise aichen, dass man sie bei verschiedenen Temperaturen mit einem zuverlässigen Normalthermometer vergleicht, welches meist ohne Schwierigkeit zu erhalten ist. Es geschieht dies in der Weise, dass man die beiden zu vergleichenden Thermometer in ein Gefäss mit Wasser einhängt. Die Wassermasse muss dabei möglichst gross und das Gefäss am besten mit Filz oder Holz, als schlecht wärmeleitenden Stoffen, umgeben sein; beide Thermometer müssen ferner nahe bei einander und in der Mitte des Wassers hängen; endlich muss das Wasser durch Umrühren mit einem Büschel von Federn oder dergl. möglichst innig gemischt werden. Man liest alsdann zunächst die Angaben beider Thermometer für eine beliebige Temperatur ab und notirt dieselben; dann giesst man warmes resp. kaltes Wasser zu, mischt sorgfältig und liest wieder ab; hat man so für eine grössere Reihe von Temperaturen die Angaben beider Thermometer verzeichnet, so fertigt man alsdann nach diesen Notizen eine Correctionstabelle für das geprüfte Instrument an, indem man für die nicht direct beobachteten Temperaturgrade die entsprechenden Werthe nach den nächst höheren und tieferen Ablesungen interpolirt.[3] (Vgl. den Anhang.) — Die Controle der niederen Temperaturgrade — unter 0° — muss in einer Kältemischung vorgenommen werden.[4]

Für alle exacteren vergleichenden Beobachtungen ist eine derartige Aichung der Instrumente unerlässlich; schon aus dem Grunde, weil die Art des Glases, aus dem das Thermometer gefertigt ist, auf seine Angaben von Einfluss ist. Wir messen bei Thermometerbeobachtungen eigentlich nur den Ueberschuss der Ausdehnung des Quecksilbers über diejenige des Glases; dieser muss verschieden ausfallen, wenn die Ausdehnung des Glases anderen Gesetzen folgt. Verschiedene Glassorten zeigen aber in Bezug auf ihren Ausdehnungscoëfficienten erhebliche Differenzen. — Der dadurch mögliche Fehler wird gering, wenn stets reines Natronglas verwandt wird; er beträgt dann in maximo 0,2°. —

Constructionseigenthümlichkeiten empfindlicher Thermometer.

Nur das Gefäss des Thermometers ist so construirt, dass Temperaturschwankungen sich dem Quecksilber leicht mittheilen; der herausragende Faden ist stets in dichte, wenig empfindliche Hüllen eingeschlossen; in sehr vielen Fällen kann ausserdem nur das Gefäss an den Ort gebracht werden, dessen Temperatur gemessen werden soll. Daher ist es nöthig, dass das Quecksilber, welches den herausragenden Faden bildet, immer nur einen verschwindend kleinen Bruchtheil der Quecksilbermasse des Gefässes ausmacht. — Ferner ist es wichtig, dass das Thermometergefäss nicht zu gross wird; denn je grösser die darin enthaltene Quecksilbermasse ist, um so schwerer wird eine Temperaturänderung dieselbe durchdringen; und geringe und vorübergehende Schwankungen können nur dann exact angezeigt werden, wenn die Masse des Quecksilbers klein, dagegen die Oberfläche, welche die Berührung mit der Umgebung vermittelt, möglichst gross ist. — Eine solche kleine Quecksilbermasse dehnt sich aber bei der Erwärmung nur um ein sehr geringes Maass aus und veranlasst nur eine minimale Verschiebung des Quecksilberfadens im Capillarrohr;

da es nun andererseits wichtig ist, für die Scala von 0 bis 100° einen möglichst langen Raum zu bekommen, um eine feine Eintheilung herstellen zu können, so ergiebt sich daraus die weitere Forderung, das Capillarrohr eines feinen Thermometers sehr eng zu machen; nur so werden trotz der geringen Quecksilbermasse genügende Excursionen ermöglicht.

Cylindrische Gefässe zieht man den sphärischen namentlich deshalb vor, weil bei der Herstellung der ersteren nur ein sehr geringer Theil der Glasmoleküle — an der Uebergangsstelle in das Capillarrohr — aus der ursprünglichen Lagerung gebracht werden und dann eine nachfolgende Aenderung weniger zu fürchten ist. — Besonders empfindlich kann man die Instrumente noch dadurch machen, dass man die Oberfläche des Gefässes möglichst vergrössert, indem man es z. B. gabelförmig theilt, oder ihm die Form eines spiralförmig aufgerollten cylindrischen Rohres giebt; dies ist namentlich dann nöthig, wenn der herausragende Faden grösseres Volumen haben soll und also auch eine entsprechend grössere Quecksilbermenge im Gefäss erfordert wird.[5]

2) Weingeistthermometer.

Das Quecksilber siedet bei circa 360° und gefriert bei — 39,4°; das Quecksilberthermometer giebt daher nur zuverlässige Angaben zwischen — 30 und + 300°. Für grössere Kältegrade verwendet man Weingeistthermometer. Zu anderen Messungen werden dieselben nur selten benutzt, weil sie viel weniger empfindlich sind als Quecksilberthermometer, weil ferner die Ausdehnung des Weingeistes anderen Gesetzen folgt als die des Quecksilbers und daher nicht die gleiche Scala für beide Thermometer Gültigkeit hat, und weil die Ausdehnung des Alkohols je nach seiner verschiedenen Zusammensetzung differirt; ausserdem können leicht Condensationen von Alkoholdämpfen an der Spitze der Thermometerröhre eintreten.[6] — Für die Messung höherer Temperaturen verwendet man meist Luftthermometer, die aus einem Ballon von Glas oder Porzellan bestehen und in eine feinere Röhre auslaufen; bei jedem Temperaturwechsel ändert sich das Volum der Luft in erheblichem Grade und die Intensität dieser Aenderung wird durch einen Index von Quecksilber markirt. Die Instrumente sind äusserst empfindlich, kommen aber in der Praxis nur selten zur Anwendung.

3) Luftthermometer.

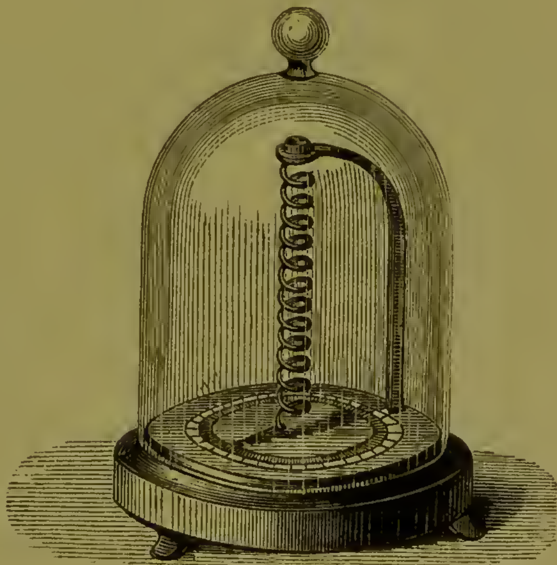
Die beiden letztbeschriebenen Arten von Thermometern sind von Regnault in solchen Fällen benutzt, wo gleichzeitige Temperaturbeobachtungen an mehreren von einander entfernten Orten vorgenommen werden sollten. An jedem derselben wurde dann ein cylindrisches silbernes Reservoir aufgestellt, das mit Luft oder Weingeist gefüllt war; an dasselbe schloss sich ein langes Capillarrohr von Silber, das bis in's Laboratorium geführt und dort mit einem Quecksilbermanometer verbunden war, dessen Excursionen die Temperaturausdehnung des Weingeistes resp. der Luft im Reservoir anzeigten und mit dem Kathetometer abgelesen werden konnten.[7]

4) Metallthermometer.

Wichtiger für meteorologische Beobachtungen sind die Metallthermometer. Dieselben können einfach aus einem grösseren Metallstab, z. B. einem Zinkrohr von ca. 2 m Länge, 1—2 cm Durchmesser und sehr geringer Metalldicke, bestehen, dessen Wärmeausdehnung, durch

Hebelübertragung vergrössert, zur Beobachtung gebracht wird. — Meist wird indessen der Construction der Metallthermometer der Satz zu Grunde gelegt, dass verschiedene Metalle auf die gleiche Temperaturänderung verschieden stark reagiren und dass daher Platten, welche durch feste Aneinanderlagerung solcher differenter Metalle hergestellt sind, durch Temperaturschwankungen Krümmungen oder Streckungen erfahren müssen. Das einfachste Instrument derart ist das HOLZMANN'sche Taschenthermometer; dasselbe besteht aus einem gekrümmten Metallstreifen, der aussen von Stahl, innen von Kupfer ist; bei zunehmender Temperatur dehnt sich das letztere stärker aus als das Eisen, folglich wird der Streifen sich aufrollen und strecken; bei sinkender Temperatur zieht sich das Kupfer auch wieder in stärkerem Grade zusammen und wird also eine Krümmung des Streifens veranlassen. Das eine Ende des Bogens ist nun befestigt, das andere aber frei und mit einem Zeiger in Verbindung, der auf einer Scala pendelt und hier die Temperaturschwankungen anzeigt. Die Graduirung der Scala geschieht nach einem Quecksilberthermometer. — Einen hohen Grad von Empfindlichkeit bewirkt die BREGUET'sche Modification der Metallthermometer. Der Metallstreifen besteht hier an der inneren Seite aus Silber, in der Mitte aus Gold, an der äusseren aus Platin, ist ausserordentlich dünn gewalzt und dann zu einer vielfach gewundenen Spirale aufgerollt, die sich bei steigender Temperatur, entsprechend der stärkeren Ausdehnung des Silbers, aufdreht, bei sinkender Temperatur dagegen sich stärker windet. Die Masse der ganzen Spirale ist ausserordentlich gering, nimmt daher fast momentan die Temperatur der Umgebung an und registrirt die geringsten Schwankungen. Neuere Constructionen benutzen Combinationen von Zink und Stahl, resp. Messing und Eisen.[8] —

Fig. 2.



Breguet's Metallthermometer.

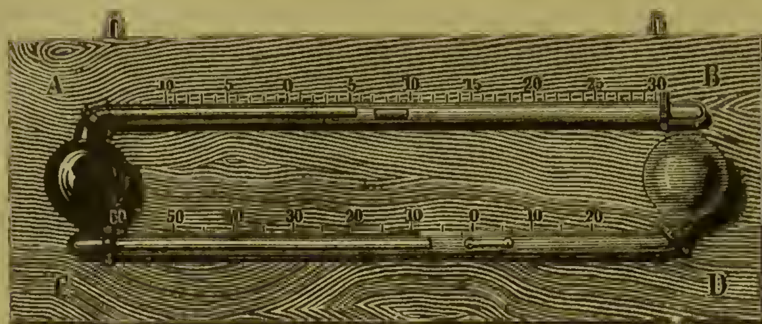
Von grosser Bedeutung für meteorologische Beobachtungen sind die **Maximal- und Minimalthermometer**, welche die höchste, resp. niedrigste Temperatur markiren, die während eines gewissen Zeitraums geherrscht hat. — Das gebräuchlichste der äusserst zahreichen zu diesem Zwecke construirten Instrumente ist der **Thermometrograph von** RUTHERFORD.[9] Derselbe besteht aus einem Quecksilber- und einem Weingeistthermometer, die neben einander auf einem Stativ befestigt sind und

5) Maximal-Minimal-Thermometer

von Rutherford.

in horizontaler Lage beobachtet werden. Bei dem erstgenannten Thermometer trägt das Ende der Quecksilbersäule ein kleines Stiftchen aus Stahl oder aus dem Mark der Hanfpflanze, das sich mit geringer Reibung in dem Capillarrohr bewegt, so dass es beim Zurückgehen des Quecksilbers liegen bleibt, aber beim Vorrücken mit fortgeschoben wird; somit zeigt dasselbe nun den Maximalstand des Thermometers an. — Bei dem anderen Thermometer liegt in dem Weingeist ein Fischbeinstäbchen oder ein hohles, an den Enden mit kugligen Erweiterungen versehenes Glasstäbchen; dehnt sich der Alkohol aus, so fliesst er an dem Stäbchen, welches die Röhre nicht vollständig ausfüllt, vorbei; zieht er sich aber zurück, so adhärirt er nunmehr an der kugligen Oberfläche des Stäbchens so stark, dass dasselbe von dem Weingeist mit fortgenommen wird, bis er seinen niedrigsten Stand erreicht hat. — Nach jeder Ablesung werden die Indices durch Neigen des Instruments und sanftes Klopfen wieder an das Ende des Quecksilber- resp. Weingeistfadens gebracht.

Fig. 3.



Rutherford's Thermometrograph.

Maximal-Minimal-Thermometer von Baudin.

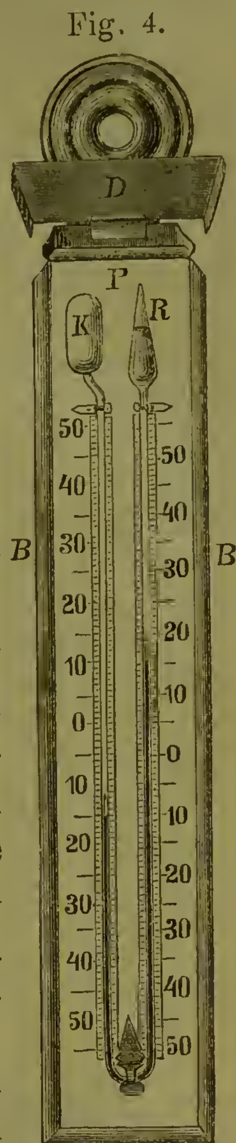
Bei jeder Erschütterung oder Verrückung des Instrumentes können natürlich beide Stäbchen leicht ihre Stellung ändern, und deshalb ist die Aufstellung und Erhaltung desselben in vollkommen horizontaler Lage die schwer herzustellende Bedingung für seine Zuverlässigkeit. Um namentlich das Glasstäbchen im Weingeistthermometer weniger leicht durch zufällige Stösse verschiebbar zu machen, hat Baudin vorgeschlagen, dasselbe so zu construiren, dass es sich in Folge stärkerer Reibung an den Wänden nicht schon auf ein blosses Neigen des Instrumentes hin bewegt, sondern erst durch einen stärkeren Stoss; um es trotzdem aber nach der Ablesung wieder an die Spitze des Weingeistes bringen zu können, liegt im Weingeist hinter dem Stäbchen noch ein längerer, dünner Glasstab, der nach Art eines Hammers jenes vortreibt, wenn das Instrument nach unten geneigt wird. — Um das Weingeistthermometer empfindlicher zu machen, vergrössert man die Oberfläche des Gefässes durch hufeisen- oder gabelförmige Ausbiegungen desselben. — Auch der Index des Quecksilberthermometers functionirt häufig unvollkommen und taucht zuweilen beim Vorrücken des Quecksilbers in dasselbe ein.

von Six, Marchi, Casella.

An vielen Stationen benutzt man daher zur Bestimmung der Temperaturextreme lieber das Instrument von Six; dasselbe ist in seiner ursprünglichen Form ein Weingeistthermometer und besteht in einem U-förmig gebogenen Glasrohr, welches an seinen oberen geschlossenen Enden Erweiterungen trägt; die eine von diesen stellt das eigentliche Thermometergefäss dar und ist ganz mit Weingeist gefüllt, die andere

hat an der Spitze einen von Flüssigkeit freien und demnach nur mit Alkoholdämpfen gefüllten Raum. Unten an der Biegung des Rohrs befindet sich Quecksilber, das aber nur dazu dient, die Indices fortzuschieben. Letztere bestehen aus dünnen, in Glasröhrchen eingeschlossenen Stahlstiften, die seitwärts Borsten tragen, welche wie elastische Federn wirken und ein Herabgleiten der Stifte verhindern. Vor dem Gebrauch zieht man dieselben vorsichtig bis auf die Kuppen des Quecksilbers, indem man mit einem passenden Hufeisenmagnete von oben nach unten an dem Glasrohr herunterstreicht. Steigt die Temperatur, so dehnt sich der Weingeist in *K* (Fig. 4) aus und drückt das Quecksilber und mit diesem den einen Index vorwärts; beim Zurückgehen des Quecksilbers halten die federnden Borsten den Index auf der Stelle des höchsten Standes zurück. Erniedrigt sich dagegen die Temperatur und zieht sich der Weingeist zusammen, so drücken die gespannten Dämpfe im Gefäss *R* das Quecksilber zurück und im anderen Schenkel in die Höhe; dadurch wird dann der zweite Index vorgeschoben und zwar bis die Temperatur ihren tiefsten Stand erreicht hat. Zum Gebrauch wird das Instrument vertikal aufgestellt; eine horizontale Lagerung ist immer — auch während des Transportes — zu vermeiden, da dabei die Indices leicht in die oberen Erweiterungen gelangen, aus denen sie nicht wieder entfernt werden können.

Fig. 4.



Six's Maximum-Minimumthermometer.

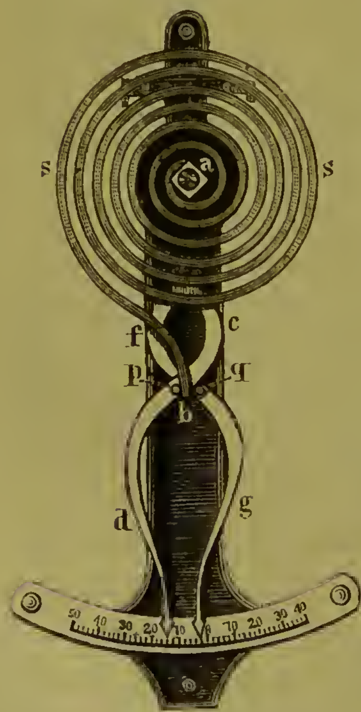
In dieser Form theilt das Six'sche Thermometer die oben angegebenen Fehler aller Weingeistthermometer. Es sind daher in neuerer Zeit zwei andere Constructionen angegeben, die eine von Marchi, die andere von Casella; beide benutzen statt des Weingeistes Quecksilber als thermometrische Flüssigkeit; dasselbe befindet sich ebenfalls in einem U-förmigen Rohr, jedoch liegt die Biegung oben, die erweiterten Enden der beiden Schenkel unten; ausserdem ist die Thermometerröhre von geringerem Durchmesser. Die Quecksilbersäule ist in der Gegend der Biegungsstelle durch Weingeist (im Marchi'schen Instrument durch eine andere Flüssigkeit von geheim gehaltener Composition) unterbrochen, und in diesem bewegen sich die Indices. Bei Temperaturerhöhung dehnt sich die Quecksilbermasse, die sich in der einen Erweiterung befindet, aus und verschiebt einen Index, beim Erkalten drückt die comprimirte Luft, welche die andere Erweiterung füllt, die Quecksilbersäule dieses Schenkels und damit den zweiten Index vor.[10]

Maximal-Minimal-Thermometer von Walferdin, Ehrle, Negretti

Maximalthermometer werden in neuerer Zeit auch häufig dadurch hergestellt, dass bei einem gewöhnlichen Quecksilberthermometer ein Theil des Quecksilberfadens durch irgend eine Vorrichtung abgetrennt und dann als Index benutzt wird.

Bei dem WALFERDIN'schen Instrument ist das Thermometerrohr nicht ganz luftleer gemacht; oben trägt dasselbe eine kleine Erweiterung. Erwärmt man das Thermometer nun so hoch, dass das ausgedehnte Quecksilber noch etwas in diese Erweiterung hineinragt und macht man dann eine rasche seitliche Bewegung, so kann man den in die Kammer ragenden Quecksilbertropfen abtrennen. Darauf lässt man das Thermometer erkalten, und wenn der Quecksilberfaden etwas gesunken ist, so richtet man das Instrument wieder vertikal, so dass der abgetrennte Quecksilbertropfen sich auf die Mündung des Capillarrohres legt; alsdann hat man zwischen dem Tropfen, der in dem Rohre die Gestalt einer kurzen Säule annimmt, und dem eigentlichen Quecksilberfaden eine geringe Menge Luft eingeschlossen. Beim weiteren Erkalten dehnt sich die Luftblase aus, während das abgetrennte Quecksilber an seiner Stelle verbleibt; erst durch Aufklopfen auf die Hohlhand gelingt es, auch diesen Theil wieder tiefer in das Capillarrohr herabzubringen. Nimmt dann die Temperatur wieder zu, so bleibt zunächst das abgetrennte Stück an seiner Stelle, während der untere Theil des Fadens vorrückt; die Luftblase wird zunächst auf ein sehr kleines Volumen comprimirt und erst dann schiebt das sich weiter ausdehnende Quecksilber jene sammt dem abgetrennten Stück vorwärts bis zum Maximalstande. — Eine häufigere Vergleichung mit einem Normalthermometer ist beim Gebrauch unerlässlich. — Aehnlich ist die Construction des Maximalthermometers von EHRLE[11], welches hauptsächlich zur Messung von Körpertemperaturen verwandt wird und in ärztlichen Kreisen grosse Verbreitung gefunden hat. Bei demselben fehlt die obere Erweiterung, daher kann man nicht in der beschriebenen einfachen Weise die trennende Luftblase und den Index jederzeit von neuem herstellen. Mit um so grösserer Vorsicht ist alsdann darauf zu achten, dass die Luftblase nicht in das Quecksilbergefäss gelangt; mehrfache Biegungen des Capillarrohres vor seinem Uebergang in das Gefäss sollen dies möglichst verhindern. — Bei sehr exacter Ausführung sind auch die Instrumente von NEGRETTI und von GEISSLER gut brauchbar, bei denen auf andere Weise eine Trennung des Quecksilberfadens bewirkt wird. Bei dem Negretti'schen Thermometer befindet sich zu diesem Zwecke eine Biegung und Verengung des Capillarrohres nahe über der Kugel und in der Biegung an der Innenwand des Rohres ein kleines schräg nach aufwärts gerichtetes Stück Glas, das ventilartig beim Aufsteigen das Quecksilber passiren lässt, beim Zurückgehen aber ein Zerreissen des Fadens an jener Stelle bewirkt, so dass der obere Theil immer an dem Orte des höchsten Standes liegen bleibt.[12]

Fig. 5.



Metall-Maximum-Minimum-thermometer.

Maximal-Minimal-Thermometer von Herrmann & Pfister.

Auch die Metallthermometer sind zu Maximal-Minimalthermometern verwandt. Bei den von HERMANN & PFISTER[13] in Bern construirten Instrumenten ist ein Metallstreifen aus Stahl und ein solcher aus Messing fest mit einander verbunden und dann so zur Spirale aufgerollt, dass das Messing innen, der Stahl aussen liegt; der Ausgangspunkt der Spirale (*a*, Fig. 5) ist auf dem Stativ befestigt, das äussere Ende *b* ist frei; je nach den Temperaturschwankungen und je nachdem

sich demgemäss die Spirale mehr oder weniger aufrollt, muss das freie Ende sich nach rechts oder links bewegen, und beide Excursionen treffen auf je einen Zeiger, der sich mit geringer Reibung auf einer Scala fortschieben lässt und dort auf dem Punkte der äussersten Ablenkung stehen bleibt.

Andere Maximalthermometer erhält man dadurch, dass man Quecksilberthermometer oben offen lässt und soweit mit Quecksilber füllt, dass dieses bei einer gewissen Temperatur bis zur oberen Oeffnung reicht, bei höheren Wärmegraden aber ausfliesst; die ausgeflossene Menge lässt sich, wenn das Thermometer wieder ursprüngliche Temperatur angenommen hat, an dem Grade der Verkürzung des Quecksilberfadens erkennen, und daraus ist die Maximaltemperatur, der es ausgesetzt war, abzuleiten. — Fernere derartige Constructionen sind z. B. angegeben von Hicks, von Hans & Hermary etc.[14]

Mit den bisher genannten Thermometern soll immer nur die Wärme gemessen werden, die durch Leitung von dem umgebenden Medium dem Instrument mitgetheilt wird; man muss also eigentlich sicher sein, dass keine entferntere Wärmequelle durch Wärmestrahlung das Thermometer beeinflusst. Vor allen Dingen ist natürlich bei den gewöhnlichen Beobachtungen der Lufttemperatur das Thermometer vor der Wirkung der Sonnenstrahlen zu schützen. Der directe Einfluss der letzteren ist an den gebräuchlichen Quecksilberthermometern allerdings kaum wahrnehmbar; die Sonnenstrahlen werden an der Oberfläche der Thermometerkugel fast vollständig reflectirt, so dass ein Thermometer, welches frei über einem Grasplatz zwischen 2 Stangen in der Sonne aufgehängt ist, in extremsten Fällen nur um einige Zehntel Grad höhere Temperaturen zeigt, als ein im Schatten aufgestelltes.[15] — Sobald dagegen die Umgebung des Thermometers geeignet ist, die Sonnenstrahlen zu absorbiren und sich über die Lufttemperatur hinaus zu erhitzen, wird von dieser wärmeren Umgebung aus das Thermometer in energischer Weise beeinflusst. — Andererseits hat man aber häufig gerade ein Interesse daran, die Intensität der Sonnenstrahlung zu messen. Alsdann muss die Thermometerkugel mit Russ überzogen werden, der bekanntlich für Wärmestrahlen jeder Art ein vollkommenes Absorptionsmittel ist. 6) Messung der Sonnenstrahlung.

Statt des Russes kann man auch geschwärztes Glas, eine Umhüllung mit schwarzer Wolle u. dgl. wählen. In dieser Art waren die früheren Instrumente von Leslie, Saussure, Herschel construirt. Später benutzte Pouillet in seinem Pyrrheliometer ein mit Wasser gefülltes Gefäss aus Metall, dessen eine berusste Bodenfläche den Sonnenstrahlen zugewandt wurde; die Intensität der Strahlung wurde nach den Angaben eines Thermometers beurtheilt, welches sich in dem Wasser befand. —

Das gebräuchlichste und als zuverlässigstes anerkannte Instrument zur Messung der erwärmenden Kraft der Sonne ist das Vacuumthermometer mit geschwärzter Kugel. Zu demselben wird eines der oben Vacuumthermometer.

Fig. 6.



Vacuum-thermometer.

beschriebenen Maximumthermometer benutzt, bei dem aber Kugel und Anfangstheil der Röhre von matter, schwarzer Farbe sind und welches noch in ein anderes Glasrohr mit grösserer Kugel eingeschlossen ist; das letztere ist möglichst luftleer gemacht. Der Thermometerkugel wird alsdann keine Wärme durch Leitung zugeführt, sondern sie erwärmt sich lediglich durch die Absorption der auf sie fallenden Strahlen; andererseits giebt die erhitzte Kugel auch keine Wärme durch Leitung ab, sondern nur durch Abstrahlung gegen die äussere Glashülle, deren Temperatur identisch ist mit der äusseren Lufttemperatur. Wenn das Thermometer auf einem bestimmten Stande bleibt, so empfängt die Kugel gerade so viel Wärme durch die Sonnenstrahlen, als sie durch Strahlung gegen die Hülle abgiebt; der Ueberschuss, den das Thermometer gegenüber der Temperatur der äusseren Umgebung anzeigt, giebt dann ein gewisses Maass für die Intensität der einwirkenden Sonnenstrahlen. — Beim Gebrauch wird das Vacuumthermometer in horizontaler Lage ausgesetzt und an einem Orte, wo die Sonnenstrahlen allseitig Zutritt haben, wo aber keine anderen Gegenstände in der Nähe sind, die ihrerseits Wärme absorbiren und ausstrahlen können.[16]

Messung der Ausstrahlung des Bodens.

Zuweilen ist es für den Meteorologen auch von Interesse, die Intensität zu messen, mit welcher zur Nachtzeit die Ausstrahlung vom Erdboden gegen den Weltraum erfolgt. Man kann dieselbe beobachten mittelst eines empfindlichen Minimumthermometers, welches horizontal, 5—10 cm über dem Boden, auf gabelförmige hölzerne Lager gelegt wird; am besten wird ein grösserer Rasenplatz als Ort der Beobachtung ausgewählt; jedenfalls muss der letztere so weit frei liegen, dass sich der grösste Theil des Himmels überblicken lässt, und darf keiner zu heftigen Luftströmung ausgesetzt sein, da diese die Strahlung beeinträchtigt. Die Differenz, die ein so aufgestelltes Minimumthermometer gegen ein anderes zeigt, welches unter den zur Beobachtung der Lufttemperatur nöthigen Cautelen exponirt ist, giebt einen Ausdruck für die Intensität der nächtlichen Strahlung. — Die übrigen zu demselben Zwecke und auch zur Messung der Sonnenwärme empfohlenen Instrumente sind complicirterer Natur. (Vgl. das letzte Capitel.)

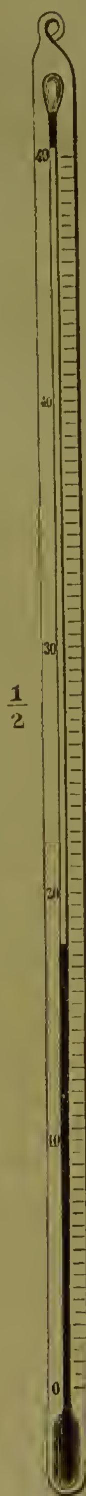
Für die verschiedensten besonderen Zwecke sind noch eine grosse Menge anderer Formen von Thermometern construirt, die aber für die meteorologische Beobachtung ohne Interesse sind.[17] Die speciell für die Messung der Temperatur im Wasser und im Boden angegebenen Instrumente werden später besprochen; die Modificationen, die behufs der Beobachtung an Menschen und Thieren erforderlich

sind, finden sich zusammengestellt in GSCHEIDLEN's Methodik. — Ebendort s. auch über Thermoelemente. —

7) Metastatisches Thermometer.

Ist besondere Genauigkeit erforderlich, namentlich bei experimentellen Untersuchungen im Laboratorium, so kann man sich des metastatischen Thermometers von WALFERDIN bedienen, das ganz ausserordentlich feine Messungen bis zu Hundertstelgraden gestattet.[18] Dies wird dadurch ermöglicht, dass man für jeden beliebigen innerhalb enger Grenzen liegenden Temperaturintervall je ein besonderes Thermometer mit sehr feiner Scala einschaltet. Quecksilberthermometer werden zu diesem Zwecke so eingerichtet, dass das Capillarrohr eine Länge von 2—3 dcm hat und eine Menge von Theilungen zeigt, während das Quecksilbergefäss so gross und das Rohr so fein construirt ist, dass die ganze Capillarröhre schon bei einer Erwärmung des vorhandenen Quecksilbers um 10—15° vollständig gefüllt wird. Am oberen Ende trägt das Capillarrohr eine birnförmige Erweiterung, und bei stärkerer Erwärmung füllt dann das noch weiter sich ausdehnende Quecksilber diese Kammer. Dort lässt sich nun leicht ein Theil des Quecksilbers durch Neigen und Stossen abtrennen und zurückhalten, und auf diese Weise kann man die Menge des Quecksilbers im Gefäss beliebig verkleinern und vergrössern und es so ermöglichen, dass innerhalb der verschiedensten Temperaturgrenzen das Ende des Quecksilberfadens sich gerade im Bereich des graduirten Capillarrohrs bewegt. Hat man z. B. so viel Quecksilber abgetrennt, dass die Kuppe des Fadens bei + 30° auf dem Nullpunkt der Scala steht, während der Endpunkt der letzteren einer Temperatur von + 40° entspricht, so lassen sich nun die zwischen 30 und 40° liegenden Wärmegrade bis auf Hundertstel genau an der feinen Scalentheilung ablesen. —

Fig. 7.



Metastatisches Thermometer.

Sehr werthvolle Aufschlüsse erhält man durch die *selbstregistrirenden Thermometer*, die zur Zeit an fast sämmtlichen grösseren Stationen eingeführt sind. Ihre Beschreibung erfolgt jedoch besser im Zusammenhang mit den übrigen selbstregistrirenden Apparaten und findet sich daher im letzten Capitel dieses Abschnitts. —

Aufstellung u. Beobachtung der Thermometer.

Aufstellung und Beobachtung der Thermometer. In der grössten Mehrzahl der Fälle kommt es darauf an, nur die Temperatur der Luft im Schatten zu messen und die Beeinflussung des Thermometers durch andere Wärmequellen zu vermeiden. Dazu sind aber verschiedene Cautelen der Aufstellung und Beobachtung erforderlich, die in der „Instruction für die Beobachter an den meteorologischen Stationen im preussischen Staate" folgendermassen zusammengefasst sind:

Instruction für meteorologische Stationen.

„Das *Thermometer* muss vor directem oder reflectirtem Sonnenlicht und Wärmestrahlung geschützt sein, in freier Luft, wo möglich an einem freien Platze, nicht aber auf engen, von Gebäuden umschlossenen Höfen u. dgl. aufgestellt werden. Die Lage ist gegen Norden, beständig im Schatten; und falls im Sommer Morgens oder Abends die Sonne darauf scheint, ist der Ort desselben zu wechseln, wenn nicht ein zweites

Thermometer, an passender Stelle angebracht, zur Beobachtung benutzt werden kann. Die Entfernung vom Erdboden darf nicht unter 12 bis 15 Fuss betragen, die vom Fenster eines wo möglich ungeheizten und nicht bewohnten Zimmers und von der Mauer des Hauses etwa 1 Fuss. Das Instrument muss genau senkrecht, die Kugel frei hängen. Wo der Beobachter dazu ein Gestell machen lässt, ist dasselbe am zweckmässigsten aus zwei eisernen Stangen mit Ringen, durch welche das Thermometer gesteckt wird, zusammenzusetzen, und die Stangen in die Mauer einzugypsen. Da im Winter und überhaupt keine Luft aus dem Zimmer auf das Thermometer wirken darf, so wird das Oeffnen des Fensters am zweckmässigsten auf die Weise vermieden, dass jene Stangen aus zwei Stücken bestehen, wovon die dem Thermometer zunächst befindlichen beweglich und durch eine Stange mit einander verbunden sind, so dass sie mittels eines starken Drathes, der von innen angezogen werden kann, dem geschlossenen Fenster genähert werden, und der Beobachter vom Zimmer aus, Nachts mit einer Blendlaterne, die Ablesung macht und dann das Thermometer mittels des Drahtes wieder in die vorige Entfernung zurückschiebt. Immer muss die Ablesung möglichst schnell gemacht werden, und der Beobachter hat sich zu hüten (besonders beim Psychrometer), dass durch seine Körperwärme und das Athmen das Thermometer während der Beobachtung steigt.

Das Thermometer ist gegen Nässe, Hagel, Sturm und sonstige Beschädigung zu schützen. Hat sich die Kugel mit Reif etc. beschlagen, so ist dieser erst zu entfernen. Wo die Oertlichkeit es gestattet, wird ein kleines Brett, in einiger Entfernung darüber angebracht, die nöthige Sicherheit gewähren.

Das Auge ist beim Ablesen des Thermometerstandes in gleicher Höhe mit dem Ende der Quecksilbersäule zu halten. Die Scalen sind in Fünftelgrade getheilt, so dass Zehntel für das Journal sehr bequem und scharf abzulesen sind. Bei der Aufzeichnung der Temperaturen über 0 ist das Zeichen + im Journal überall fortzulassen.

Der Nullpunkt ist alljährlich mit Sorgfalt zu berichtigen, am Besten etwa beim ersten und, soweit sich dies beurtheilen lässt, letzten Schneefalle. —"

Schleuder-Thermometer.

Da der Einfluss der Wärmestrahlen aussendenden oder aufnehmenden Umgebung sehr schwer vollständig zu eliminiren ist, hat man vorgeschlagen, die Lufttemperatur durch das Schleuderthermometer (thermomètre fronde) zu messen. Dasselbe trägt am oberen Ende einen Glasring, an dem eine $\frac{1}{2}$ m lange Schnur befestigt wird; mittelst dieser dreht man zum Zweck der Beobachtung das Thermometer mit einer Geschwindigkeit von etwa 3mal in der Secunde im Kreise herum; durch die rasche Drehung kommt das Thermometer mit sehr vielen Lufttheilchen in Berührung und giebt an dieselben die etwa durch Strahlung erhaltene höhere

Wärme leicht wieder ab; daher zeigt es denn die richtige Lufttemperatur annähernd selbst dann, wenn es in der Sonne bewegt wird; vollkommen genau aber, wenn man die Procedur im Schatten vornimmt.[19] —

Nützlich ist es, die beschirmenden Platten der aufgestellten Thermometer aus doppelten Lagen bestehen zu lassen, zwischen denen Luft frei circuliren kann; in dem Maasse, als die äussere Platte dann durch Strahlung erwärmt wird, findet auch eine stärkere Abkühlung durch raschere Luftbewegung statt. — Auf manchen Stationen stellt man auch künstlich einen Luftstrom her, indem ein Ventilator, der unterhalb des Thermometers angebracht ist, vor jeder Beobachtung in Thätigkeit gesetzt wird. — Bei einer zu grossen Annäherung des Thermometers an den Boden tritt eine erhebliche Beeinflussung seitens desselben ein, in Folge deren das Thermometer am Tage zu hoch und Nachts zu niedrig zeigt. Früher glaubte man sogar, dass zu übereinstimmenden Beobachtungen eine durchaus gleiche Höhe der Thermometer über dem Boden erforderlich sei; neuere Untersuchungen haben aber gezeigt, dass innerhalb 2 und 10 m Höhe die Differenzen der Lufttemperatur ausserordentlich gering sind.[20] Cautelen der Aufstellung.

Auf den preussischen meteorologischen Stationen wird das Thermometer 3mal täglich beobachtet und zwar um 6 Uhr Morgens, 2 Uhr Nachmittags und 10 Uhr Abends. Die mittlere Tagestemperatur findet man annähernd genau, wenn von diesen 3 Beobachtungen das Mittel genommen wird; man hat also nur die 3 erhaltenen Zahlen zu addiren und durch 3 zu dividiren. Kommt es auf sehr genaue Feststellung des Mittels an, so muss noch eine Correction angebracht werden, die für jeden einzelnen Ort aus längere Zeit fortgesetzten 2- bis 3stündlichen Beobachtungen gewonnen wird. Durch die letzteren wird namentlich festgestellt, um wie viel die durchschnittliche Temperatur einer bestimmten Tagesstunde von dem genauen Tagesmittel sich unterscheidet; je nachdem diese Differenz für die zur Beobachtung gewählten Stunden grösser oder kleiner ausfällt, sind erheblichere oder geringfügige Correctionen anzubringen. — Ausser den angeführten Tageszeiten können nach den Vorschlägen des Wiener Meteorologen-Congresses auch noch die Resultate folgender Beobachtungsstunden zu einer Berechnung des Mittels dienen: Beobachtungszeit.

7^h	1^h	9^h
7^h	2^h	10^h
7^h	2^h	9^h

Im letzteren Falle darf nicht der einfache Durchschnitt aus den 3 Beobachtungen gerechnet werden, da sonst ein zu hohes Mittel herauskommen würde, sondern es ist die letzte, für 9^h Abends erhaltene Ziffer doppelt zu setzen und dann die Summe der 4 Zahlen durch 4 zu dividiren. Oder es sind Correctionen anzubringen, die für die verschiedenen Monate verschieden sind und z. B. in Wien pro Mai = $-0{,}34^0$, pro Juni = $-0{,}38^0$ etc. betragen. — An einigen Stationen wird um 8^h Morgens, 2^h Nachmittags und 8^h Abends beobachtet. Diese Zusammen-

stellung bietet den Vortheil, dass die Temperatur um 8^h Morgens und um 8^h Abends an den meisten Orten sich nur wenig vom Tagesmittel unterscheidet, dass dagegen die 2^h-Beobachtung nahezu das Maximum repräsentirt und so also gleichzeitig die grösste Erhebung der Tagestemperatur über das Mittel bestimmt wird. Es ist aber nicht statthaft, aus diesen 3 Beobachtungen das Tagesmittel abzuleiten, sondern um dasselbe annähernd zu bekommen, muss noch das Temperaturminimum zugefügt werden. — Einen ziemlich richtigen Werth für das Tagesmittel erhält man endlich auch noch aus den 2 Zahlen für das Maximum und Minimum der Temperatur; gewöhnlich fällt derselbe (namentlich im Winter) etwas zu hoch aus, doch nur um Bruchtheile eines Grades. —

Bei der Auswahl der Beobachtungsstunden ist in erster Linie darauf Bedacht zu nehmen, dass solche Zeiten gewählt werden, an denen das Thermometer durchaus frei ist von der Einwirkung der Sonnenstrahlen. — Die Ablesungszeiten werden ziemlich allgemein nach mittlerer oder bürgerlicher Zeit, also nach richtig gehenden Uhren bestimmt; nicht aber, wie von Einigen vorgeschlagen ist, nach wahrer, astronomischer Zeit, die durch eine richtig construirte Sonnenuhr angezeigt wird und von der ersteren in maximo um 16 Minuten (im November) differirt.

Vergleichung der Thermometerscalen.

Die Angaben der Thermometer werden zur Zeit fast überall in Graden des hundertheiligen Thermometers (nach Celsius) registrirt; diejenigen Stationen, die noch an der Réaumur'schen Scala festhalten, werden vermuthlich in Kurzem sich dem allgemeinen Gebrauche fügen; und es ist daher wünschenswerth, dass überhaupt nur Thermometer mit Theilung nach Celsius benutzt oder andernfalls die Ablesungen umgerechnet werden. Réaumur'sche Grade verhalten sich zu Celsiusgraden wie 80 : 100 oder wie 4 : 5; die abgelesene Zahl in Réaumurgraden ist also mit 5 zu multipliciren und durch 4 zu dividiren, um die Angabe in Celsiusgraden zu erhalten. — Das in England gebräuchliche Thermometer nach Fahrenheit hat den Nullpunkt der anderen Thermometer, den Schmelzpunkt des Eises, bei $+ 32^0$, den Siedepunkt des Wassers bei $+ 212^0$; folglich hommen auf den Abstand zwischen Nullpunkt und Siedepunkt 180 Fahrenheit'sche Grade, so dass sich also diese zu Celsiusgraden verhalten wie 180 : 100 oder 9 : 5. Hat man nun eine Ablesung am Fahrenheit'schen Thermometer gemacht und will diese auf Celsiusgrade reduciren, so ist zunächst von der beobachteten Anzahl von Graden 32 abzuziehen, weil der Nullpunkt, von dem aus die Celsiusgrade gerechnet werden, 32^0 höher liegt als der Fahrenheit'sche Nullpunkt, und die übrig bleibende Zahl ist dann mit 5 zu multipliciren und durch 9 zu dividiren. — Am einfachsten wird die Reduction vorgenommen durch Benutzung der im Anhang mitgetheilten Tabellen 2 und 3.

Der Gebrauch der Tabelle 3 ist ohne weitere Erklärung verständlich. — In Tabelle 2 sucht man von der Zahl der abgelesenen Réaumur-Grade zunächst die

Ganzen in der ersten Verticalcolumne, und findet so die zugehörige Horizontalreihe; in der obersten Horizontalreihe ist sodann die Anzahl der abgelesenen Zehntelgrade aufzusuchen; dadurch erhält man eine bestimmte Verticalcolumne; und im Schnittpunkt der erstgefundenen Horizontal- und dieser Verticalreihe findet man die Anzahl von Celsiusgraden, die den abgelesenen Réaumur-Graden genau entspricht. — Hat man z. B. abgelesen 10,6° Réaumur, so leitet die Zahl 10 zu der Horizontalreihe, die mit 12,50 beginnt; die Anzahl 6 für die Zehntelgrade steht über der Verticalcolumne, die mit 0,75 beginnt; verfolgt man letztere, bis sie auf jene Horizontalreihe trifft, so findet man die Zahl 13,25; folglich entsprechen 13,25° nach Celsius den 10,6° nach Réaumur.

Hygienische Bedeutung der Temperaturbeobachtungen. Obwohl längst die hohe Bedeutung erkannt ist, welche die Temperatur der äusseren Umgebung für Entwicklung und Leben aller Organismen hat, so ist es bisher doch noch nicht möglich gewesen, diesen Einfluss in allen seinen Abstufungen zu analysiren und namentlich den Effect jener mannigfachen Variationen der Temperatur festzustellen, welche in wesentlichem Grade die charakteristischen Eigenthümlichkeiten eines „Klima's“ ausmachen. Man hat theils versucht, die Einwirkungen der Wärme und Kälte auf experimentellem Wege kennen zu lernen; aber nur die Extreme, durch welche fast momentan Insulte des Körpers gesetzt werden, konnten bisher zur Beobachtung gelangen, während eine Untersuchung über die Wirkung geringerer, aber anhaltender Differenzen und namentlich der Temperaturschwankungen auf zu grosse Schwierigkeiten gestossen sind und keine befriedigenden Resultate erbracht haben. *Hygienische Bedeutung der Temperaturbeobachtungen.*

Der zweite, anscheinend leichtere Weg, um speciell die klimatischen Temperatureinflüsse auf den menschlichen Körper kennen zu lernen, besteht in der Anwendung der vergleichenden Statistik, welche das Verhalten der Temperatur einerseits und die Häufigkeit der Sterbefälle und der Erkrankungen an den verschiedensten Krankheiten andererseits in Beziehung zu setzen sucht.

Auch diese Methode der Beobachtung ist bereits vielfach angewandt worden; theils aber ist es überhaupt nicht möglich gewesen, eine gesetzmässige Beziehung zwischen den einschlagenden meteorologischen Beobachtungen und der Erkrankungsstatistik mit Sicherheit nachzuweisen, theils sind widersprechende Resultate die Folge solcher Vergleichungen gewesen. — Es ist nun wahrscheinlich, dass einen wesentlichen Antheil an diesem Misserfolge die Art und Weise hat, in der die Beobachtung der Lufttemperatur erfolgt und die Resultate zusammengestellt sind, da für diese bisher nur die Gesichtspunkte des Meteorologen maassgebend waren. *Bisher gebräuchliche Gesichtspunkte für die meteorologische Beobachtung.*

Um ausgedehnte Vergleichungen zu ermöglichen, haben die Meteorologen vor allem brauchbare, exacte Mittelwerthe festzulegen und aus diesen den normalen Gang der Wärme zu construiren gesucht; alsdann hat man die zeitlichen Abwei-

chungen von dieser Normaltemperatur beobachtet oder hat die Differenzen ermittelt, die verschiedene Orte in Bezug auf ihre Wärmeverhältnisse zeigen. Aus den Tagesmitteln sind 5 tägige, dann Monats- und schliesslich Jahresmittel gebildet; aus vielen Jahren und einer grösseren Reihe gleicher Monate construirt man ein durchschnittliches Jahresmittel und das durchschnittliche Mittel für jeden einzelnen Monat. Ebenso wird die mittlere Grösse der extremen Temperaturschwankungen innerhalb eines Tages, Monats, Jahres berechnet. — Zur vergleichenden Zusammenstellung der so ermittelten Durchschnittswerthe dienen tabellarische Uebersichten; prägnanter und deutlicher aber werden die beobachteten Verhältnisse durch die graphische Darstellung, die namentlich für örtliche Differenzen vielfach angewandt wird. So verbindet man Orte mit gleicher mittlerer Jahrestemperatur durch die Jahresisothermen, diejenigen mit gleicher Sommerwärme durch die Isotheren, mit gleicher Winterwärme durch die Isochimenen, mit derselben durchschnittlichen Monatstemperatur durch die Monatsisothermen; und man zieht thermische Isanomalen durch alle Orte von gleicher thermischer Anomalie. Ueberall geht also auch hier das Streben des Meteorologen dahin, kleinere Differenzen und seltenere Schwankungen zu eliminiren, und nur Durchschnittswerthe zu einer Vergleichung heranzuziehen; und demgemäss nimmt die Art der Beobachtung auf die möglichst einfache Herstellung der Mittelwerthe in erster Linie Rücksicht. —

Anforderungen der Hygiene an Temperaturbeobachtungen.

Hiermit ist aber vermuthlich dem hygienischen Interesse in durchaus nicht genügender Weise Rechnung getragen; die Gesichtspunkte, nach denen eine statistische Zusammenstellung vorzunehmen ist, um eine Orientirung über die Einwirkung eines einzelnen klimatischen Factors zu ermöglichen, sind bis jetzt noch nicht festgestellt; und vielleicht ist es unmöglich, sie zu finden, so lange die Beobachtungen von vornherein nur von dem oben dargelegten Standpunkte des Meteorologen aus vorgenommen werden. Es ist denkbar, dass gerade jene Differenzen, die der Meteorologe zu eliminiren sucht, von Bedeutung für hygienisch wichtige Vorgänge sind, und dass Krankheitsursachen sich einer detaillirteren Analyse erschliessen, während sie verdeckt werden, so lange nur mit bestimmten periodischen Beobachtungen operirt wird. —

Bedeutung der Schwankungen der Temperatur.

Auch die Mittelwerthe haben eine grosse Bedeutung; sie geben uns die Möglichkeit, Abschnitte von grösserer zeitlicher und örtlicher Ausdehnung zu vergleichen; aber sie sind durchaus nicht im Stande, alle charakteristischen und einflussreichen Eigenthümlichkeiten der jeweilig herrschenden Temperaturverhältnisse aufzudecken. — So ist es z. B. zweifellos, dass Tage von völlig gleicher Durchschnittstemperatur in sehr verschiedener Weise auf uns einwirken können; hat die Beobachtung des Thermometers zu den üblichen Stunden 10°, 23°, 12° ergeben, so beträgt das Mittel 15°; findet man an einem anderen Tage 13°, 17°, 15°, so ist das Mittel das gleiche, aber die Temperaturschwankung beträgt an dem einen Tage 24°, am andern 6°, und dementsprechend müssen beide Tage von sehr verschiedener Wirkung auf biologische Processe sein. — Ebensowenig liefert andererseits die

der Mittelwerthe.

Registrirung der Temperaturschwankung für sich allein verwerthbare Zahlen; es muss vielmehr häufig vorkommen, dass ein und dieselbe Temperaturschwankung die beträchtlichsten Unterschiede in Bezug auf ihre physiologische Wirkung zeigt, sobald die Durchschnittstemperatur nicht die gleiche ist. Tritt in einem kalten

Klima, d. h. bei niedrigem Tagesmittel der Temperatur, eine Differenz von 12° zwischen höchstem und niedrigstem Thermometerstande, z. B. zwischen 0° und — 12° auf, so wird diese Aenderung bei weitem nicht so leicht Störungen veranlassen, als wenn die gleich grosse Schwankung bei hoher Durchschnittstemperatur, z. B. zwischen + 7° und + 22° sich einstellt. — Dabei kommt dann noch die Zeitdauer, innerhalb welcher diese Schwankungen ablaufen, oder mit anderen Worten die Plötzlichkeit solcher Temperatursprünge — sowohl an ein und demselben Tage, wie von einem Tage zum anderen — als weiteres hygienisch beachtenswerthes Moment hinzu. — Ferner scheint viel davon abzuhängen, wie lange extreme Temperaturen anhalten, namentlich in fortlaufender, nicht durch mildere Tage oder Nächte unterbrochener Reihe; solche Perioden können vermuthlich die verderbliche Wirkung hochgradiger Wärme und Kälte weit eher veranlassen, als nur von Zeit zu Zeit wiederholte Extreme; in beiden Fällen ist aber vielleicht das Monatsmittel der Temperatur das gleiche und verdeckt so das eigentlich wichtige ätiologische Moment. — Endlich ist noch zu berücksichtigen, dass bei den meteorologischen Beobachtungen fast nur Rücksicht genommen wird auf die Lufttemperatur; für die Wärmeabgabe von unserem Körper und für die mannigfaltigsten biologischen Processe ist aber die Intensität der Sonnenstrahlung von nicht minder grosser Bedeutung. Für diese erhalten wir jedoch gewöhnlich kein Maass; aus der Lufttemperatur ist sie nur in den seltensten Fällen zu entnehmen, und wenn sie direct beobachtet wird, so geschieht dies fast lediglich mit einem Maximumthermometer, welches nur die höchste momentan vorgekommene Sonnenwärme notirt. Die Mengen von Wärme aber, welche im Verlauf eines Tages zur Absorption gelangen und welche unserem Körper theils unmittelbar, theils durch Vermittlung der Wohnungen, des Bodens etc. zukommen, finden keinen Ausdruck in den Aufzeichnungen der Meteorologen. —

Bedeutung der Temperatursprünge, der Dauer der Extreme, der direct. Sonnenstrahlung.

Bei allen diesen Erwägungen ist nun wohl zu beachten, dass die Temperatur durchaus nicht ausschliesslich für den Menschen dadurch bedeutungsvoll wird, dass sie seine körperlichen Functionen direct beeinflusst; in dieser Beziehung kommen eigentlich nur grössere Differenzen der Wärmegrade in Betracht, da wir gewohnt sind, durch Kleidung und Vorrichtungen der Wohnung bis zu einem gewissen Punkte ausgleichend einzugreifen. — Vielmehr wirken Veränderungen der Temperatur ausserdem noch auf andere Verhältnisse unserer Umgebung derart, dass unser Befinden dadurch afficirt werden kann. So ist für die Entwicklungs- und Vermehrungsfähigkeit pathogener Organismen die Temperatur ein maassgebender Factor; so hängen Luftströmungen, die den Verkehr zwischen Boden, Wohnhaus und Aussenluft vermitteln und für die Verbreitung von Krankheitskeimen von Bedeutung sein müssen, in erster Linie von Temperaturdifferenzen ab; so werden Condensation des Wasserdampfes und Verdunstung, die ihrerseits die Beschaffenheit der Luft, des Bodens, des Wohnhauses etc. alteriren, durch zu- oder abnehmende Wärme bedingt. —

Mittelbarer Einfluss der Temperatur.

Die hier angedeuteten zahlreichen und durchweg noch wenig aufgeklärten Beziehungen der Wärme zu den Lebensprocessen lassen es sehr schwierig erscheinen, die Beobachtungen der Temperatur derart anzustellen, dass jenen mehr weniger wichtigen Beziehungen vollauf Rechnung getragen wird, und daraus geht hervor, dass die Gesichtspunkte, welche eine erfolgreiche Beobachtung garantiren, nur durch möglichst eingehende Untersuchungen festgestellt werden können. Dazu genügen dann nicht die ausgewählten Zahlen, die vom Standpunkt des Meteorologen aus für

Beobachtungsmethoden, durch welche ein Studium der hygienisch. Wirkung der Temperatur möglich ist.

eine Darstellung der Temperaturverhältnisse geeignet scheinen; sondern dieselben werden sich nur aus einem möglichst vollständigen Bilde über den Temperaturverlauf gewinnen lassen. Die beste derartige Uebersicht gewähren die Temperaturcurven, wie sie durch die selbstregistrirenden Apparate geliefert werden. Die letzteren haben neuerdings eine so grosse Verbreitung erlangt und sind zum Theil so leicht herzustellen, dass für fast alle grösseren Orte Temperaturcurven gezeichnet werden, und damit ist das Material gegeben, mit Hülfe dessen eine nutzbringende Vergleichung mit der hygienischen Statistik möglich ist. — (Vergl. das letzte Capitel dieses Abschnitts.) —

Selbstregistrirende Apparate.

Literatur. 1) Bellani, Sur le changement qu'éprouve le terme de la glace fondante dans les thermom. à mercure. Bibliotheq. univers. Bd. 21, p. 252. — Gourdon, ibid. Bd. 19, p. 154. — Berthelot, d'Almeida, Journal de Physique, Janv. 1873. — Carl's Repert. 1873. — Pernet, Beiträge zur Thermometrie. Carl's Repert. 1875, p. 257—309. — Tellier, Compt. rend. Bd. 75, p. 579. — Krebs, Carl's Repertor. 1874, p. 207. — Craig, Chem. News Bd. 30, p. 33. — 2) Wild, Repert. f. Meteorol. Bd. 3, p. 109. Petersburg 1874. — 3) Bessel, Methode, die Thermometer zu berichtigen, Pogg. Ann. Bd. 6, p. 289. — v. Oettingen, Ueber die Correction der Thermometer etc. 1865. — Gieswald, Lehre von der Thermometrie, der Pyrometrie, Hygrometrie, Psychrometrie und Barometrie 1861, S. 36. — Pierre, Ann. de chim. et de phys. Bd. 5, p. 428. — Egen, Pogg. Ann. Bd. 11. p. 529. — Rudberg, ibid. 40, p. 562. — Dorn, Die Station zur Messung der Erdtemperaturen zu Königsberg i. Pr. und die Berichtigung der dabei verwandten Thermometer, Schriften der phys. ökonom. Königsb. Ges. 1872. — Thiesen, Ueber das Calibriren von Thermometern, Carl's Repert. 1879, p. 285. — Marek, ibid. 1879, p. 300. — G. v. Liebig (Vergleichung zweier Thermometer), Ueber Temperaturunterschiede des venösen und arteriellen Blutes 1853, p. 11. — Vgl. auch: Gehler's physik. Wörterbuch, 2. Aufl., Leipzig 1839, Bd. 9. — Carl, Ueber Thermometer, Carl's Repert. Bd. 2. — Kohlrausch, Leitfaden der pract. Physik 1872, p. 60. — Gscheidlen, Physiologische Methodik, Braunschweig 1876, p. 71. — 4) Pastorelli, Quarterly Journ. of the Met. Soc. Bd. 2. — 5) Verhandl. des internat. Meteorol.-Congresses zu Wien, p. 100. — 6) Symons, Quart. Journ. of the Met. Soc. Bd. 2. — Regnault, Carl's Repert. 1872 und Zeitschr. f. Met. 1872. — 7) Regnault, Bibl. univers. et Revue Suisse Bd. 40. — Carl's Repert. 1871. — Jolly, Carl's Repert. 1874, p. 195. — Regnault, Pogg. Ann. Bd. 41. — Recknagel, ibid. Bd. 123. — Steinhauer, Carl's Repert. 1876, p. 388. — Oechsle, Dingl. Polyt. Journ. Bd. 196, p. 218. — 9) Rutherford, Edinburgh Philos. transact. Bd. 3, 1794. — Gilbert's Annalen Bd. 17. — 10) Casella, Zeitschr. f. Meteorol. 1874, p. 330. — Marchi, Renseign. etc. du premier congrès internat. de Météor. à Vienne. Florence 1872. — 11) Ehrle, Würtemb. medic. Correspondenzbl. 1868, p. 285. — D. Arch. f. klin. Med. Bd. 7, p. 345. — 12) Geissler, Zeitschr. f. Meteorol. Bd. 1, p. 325. — 13) Hermann u. Pfister, Zeitschr. f. Meteorol. 1869, p. 205, u. 1872, p. 334. — Carl's Repert. Bd. 5, p. 314. — 14) Magnus, Pogg, Ann. Bd. 22. — Hicks, Zeitschr. f. Meteorol. Bd. 1, p. 324. — Hans u. Hermary, Les Mondes, Bd. 31, p. 527. — 15) Lamont, Jahresber. d. Münchener Sternwarte 1852. — 16) Pouillet, Pogg. Ann. Bd. 45, p. 28. — Frölich, Carl's Repert. 1871. — Annuaire de Montsouris 1876. — Scott, Instruct. in the use of Meteor. Instrum. London 1875. — Stow

Quarterly Journ. of the Met. Soc. V. 2, p. 205. — Zeitschr. f. Meteorol. Bd. 9, p. 314. — Symons, Zeitschr. f. Meteorol. 1873, p. 376. — Marié-Davy, Compt. rend. Bd. 79, p. 114. — 17) Vgl. z. B. Cripps, Proc. Roy. Soc. 1875. — Kuntze, Dingler's Polyt. Journ. 1879, Juli. — 18) Walferdin, Pogg. Ann. Bd. 57, p. 541. — 19) Renou, Ann. de la Soc. météor. de France, Bd. 12. — 20) Kingston, Zeitschr. f. Meteorol. 1874, p. 71. — Renou, Ann. de la soc. météor. de France, Bd. 3. — Symons, Monthly Meteorol. Magaz. 1869. — Annuaire de l'Observatoire de Montsouris 1876. — Verhandl. der Meteorologen-Vers. zu Leipzig, 1872. — Wild, Instruction etc., Repert. f. Metor. N. F. I u. II. — Prestel, Zeitschr. f. Meteorol. Bd. 2, p. 8 u. 211. — Wild, ibid. 1876, p. 205. — Becquerel, ibid. 1876, p. 285. — 21) Vgl. Jacubasch, Sonnenstich und Hitzschlag, Berlin 1879. (Vollständ. Literaturübersicht.) — C. Voit, Zeitschr. f. Biologie Bd. 30, p. 1. — G. v. Liebig, Ueber die Einflüsse der Temperatur und Feuchtigkeit auf die Gesundheit, Berlin 1870. — Ueber Wirkung hoher Kältegrade: Referat in Schmidt's Jahrb. 1868. — Lancet Jan. 1875. — Horvath, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1871, 1872. — Walther, Arch. f. Anat. u. Phys. 1865. — Hoppe-Seyler, Physiol. Chemie, Berlin 1877, Bd. 1, p. 17. — Vgl. ferner: Lewis und Cunningham, 13. annual report of the sanit. commiss. with the Gov. of India. — Castan, de l'influence de la température etc. Montpellier 1871. — Berger, Zeitschr. f. Biologie, Bd. 4. — Hann, Zeitschr. f. Meteor. 1876, p. 369. — Ballard, Viert. f. öff. Ges. Bd. 2, p. 242. — Molnar, Ueber meteorologische Beobachtung in Bezug auf das Sanitätswesen, Zeitschr. f. Meteorol. 1872, p. 317. —

II. Messung des Luftdrucks.

Messung des Luftdrucks.

Wir können uns die Atmosphäre als ein im Gleichgewicht befindliches Flüssigkeitsmeer vorstellen, auf dessen Boden wir leben; innerhalb desselben erleidet jede Fläche einen Druck, der dem Gewicht der über ihr befindlichen Luftsäule gleich ist. Um diesen Druck zu messen, stehen verschiedene Wege offen.

durch Wägung der Luft.

Zunächst kann man das Gewicht eines bestimmten Volumens Luft durch die Wage bestimmen. Da die Dichtigkeit der Gase proportional dem Druck, unter dem sie stehen, zunimmt, wird 1 l Luft um so schwerer wiegen, je grösser der Luftdruck ist. Ausserdem aber beeinflusst die Temperatur die Dichtigkeit der Luft und muss bei jeder Wägung genau berücksichtigt werden. Eine derartige Ermittelung des Luftdruckes ist äusserst mühsam und zeitraubend; unter Einhaltung aller Cautelen hat man jedoch beispielsweise gefunden, dass 1 l Luft bei 0° und 760 mm Barometerstand = 1,293 gr wiegt.

durch das Baroskop von Heller.

Eine fernere Bestimmung des Luftdruckes mittelst der Waage könnte in der Weise erfolgen, dass man an einem Waagebalken einen kleinen soliden Metallcylinder und eine gleich schwere hohle Kugel von viel grösserem Volumen so aufhängt, dass dieselben bei einem gewissen Druck der Luft sich das Gleichgewicht halten. Die Waage giebt uns bekanntlich, so lange wir in Luft wiegen, nicht das wahre Gewicht der Körper, sondern nur die Differenz zwischen dem Gewicht des Körpers und dem desjenigen des Luftvolums, welches durch den Körper eingenommen

ist. Sind nun die an den beiden Seiten des Waagebalkens hängenden Körper ungleich gross, und somit auch die verdrängten Luftvolumina ungleich; und ändert sich dann die Dichtigkeit der Luft, so muss die Differenz zwischen dem Gewicht des Körpers und dem des verdrängten Luftvolums beiderseits in verschiedenem Grade zu- oder abnehmen; alsdann können die beiden Körper nicht mehr im Gleichgewicht sein, sondern der Waagebalken wird Schwankungen zeigen, die ein Maass der Schwankungen des Luftdruckes geben. — Auf dies Princip ist das Barometer von A. HELLER[1] gegründet, bei dem die Bewegungen eines so belasteten Waagebalkens durch Spiegelablesung beobachtet werden.

Messung des Luftdrucks durch Quecksilberbarometer.

Die gebräuchlichste Methode, den Luftdruck zu messen, besteht in der Anwendung des Quecksilberbarometers. Dasselbe beruht auf dem hydrostatischen Gesetz, dass in communicirenden Röhren die Höhen zweier Flüssigkeitssäulen von verschiedenem specifischen Gewicht sich verhalten umgekehrt wie die specifischen Gewichte der Flüssigkeiten. — Füllt man ein zweischenkeliges, unten communicirendes Rohr bis etwa zur Hälfte seiner Höhe mit Quecksilber, so wird dieses in beiden Schenkeln des Rohres in gleichem Niveau stehen, da beiderseits eine Luftsäule von gleicher Schwere auf dem Quecksilber lastet. Nimmt man nun aber auf der einen Seite diese Luftsäule fort, macht man den einen Schenkel luftleer und schliesst denselben alsdann an seinem oberen Ende luftdicht, so ist nun das frühere Gleichgewicht gestört; das Quecksilber muss sich in dem luftleeren Schenkel höher stellen als in dem anderen und zwar um so viel höher, dass das überragende Quecksilber genau so schwer ist, wie die Luftsäule, die auf den andern Schenkel drückt. Bei einem solchen Barometer wird dann also durch die Höhe einer Quecksilbersäule die Schwere einer ihr an Querschnitt gleichen Luftsäule von der Höhe der Atmosphäre und damit der Luftdruck gemessen.

Wie es für das Gleichgewicht zweier Flüssigkeitssäulen keinen Unterschied macht, ob die communicirenden Gefässe verschiedenen Querschnitt haben, so ist es auch bei der Construction der Barometer gleichgültig, ob man den offenen Schenkel, der dem Druck der Atmosphäre ausgesetzt ist, eng oder weit macht; man kann ihm denselben Durchmesser geben, wie dem luftleer gemachten Schenkel, oder man kann ihn durch ein grösseres Gefäss mit Quecksilber ersetzen, in welches das luftleere Rohr eingetaucht wird. Im ersteren Fall biegt man gewöhnlich dasselbe Glasrohr, das den luftleeren Schenkel liefert, unten heberförmig um und bildet so einen kürzeren offenen Schenkel; das so geformte Barometer nennt man Heberbarometer; taucht dagegen der luftleere Schenkel gerade in ein grösseres Gefäss mit Quecksilber, so erhält das Instrument die Bezeichnung: Gefässbarometer. — In beiden Fällen kommt es stets darauf an, die Länge derjenigen Quecksilbersäule zu messen, die von der Quecksilberoberfläche des dem Luftdruck ausgesetzten Gefässes oder Rohres

Verschiedene Arten der Quecksilber-Barometer.

bis zu dem Quecksilberniveau im geschlossenen Rohre reicht. Die verticale Höhe dieser Säule ist stets ein Maass des jeweiligen Luftdrucks.

Herstellung feststehender Barometer.

Man kann sich nun in einfachster Form Barometer dadurch construiren, dass man ein circa 1 m langes, am einen Ende geschlossenes Glasrohr mit Quecksilber füllt, dann unter Quecksilber umkehrt und genau vertical aufstellt. Als Gefäss kann man einen feststehenden parallelepipedischen Kasten wählen. Natürlich ändert sich bei jeder Aenderung des Quecksilberniveaus im Rohr auch dasjenige des Kastens; man wird daher eigentlich nicht die untere Oberfläche als constant betrachten und den Abstand des oberen Niveaus von einem feststehenden Maassstab ablesen können; sondern ein solcher Maassstab wird verschiebbar sein und für jede Messung einen neuen Anfangspunkt in der auf- und niederschwankenden Quecksilberoberfläche des Gefässes haben müssen. — Am sichersten wird nun diese Messung der Niveaudifferenz vorgenommen mit dem Kathetometer; man stellt das Fadenkreuz eines solchen zunächst so ein, dass der horizontale Faden gerade die obere Quecksilberkuppe der Röhre berührt, bemerkt den Stand und stellt dann auf die untere Quecksilberoberfläche ein. Letzteres ist bei der Grösse der Fläche schwer ausführbar; ein genaues Visiren ist erst dann möglich, wenn man über dem Gefäss einen Stift angebracht hat, der mittelst einer Schraube gehoben und gesenkt werden kann. Diesen Stift lässt man vor der Messung so weit herab, dass er gerade das Quecksilber berührt; es darf sich dabei keine Einhöhlung um die Spitze des Stiftes herum zeigen, sondern der Stift muss genau bis zu dem Punkte herabgeführt werden, wo seine Spitze sich mit der Spitze seines Spiegelbildes im Quecksilber berührt. — Alsdann kann man das Fadenkreuz entweder gerade auf die Spitze des Stifts, oder aber auf dessen oberes Ende einstellen, wenn man nämlich seine Länge genau kennt und leicht zu dem Resultate der Messung hinzuaddiren kann. — Eine solche Bestimmung mittelst des Kathetometers ist namentlich deshalb noch besonders genau, weil es dabei nicht darauf ankommt, dass das Barometerrohr genau vertical steht, sondern weil man in jedem Falle den verticalen Abstand der beiden Quecksilberniveau's erhält. — Bei weniger subtilen Messungen kann die Differenz der Oberflächen mit einem fein getheilten Maassstab gemessen werden; doch ist dann auf obsolut verticale Aufstellung des Rohrs zu achten.

In ganz ähnlicher Weise kann man auch ein Heberbarometer verwenden. Das geschlossene Glasrohr, welches in einen kürzeren offenen Schenkel übergeht, wird zunächst auf einem festen Stativ senkrecht aufgestellt und dann — wo möglich mit dem Kathetometer — die Höhendifferenz zwischen den Quecksilberkuppen beider Schenkel gemessen.

Cautelen der Construction.

Bei der Herstellung solcher Barometer sind nun aber noch einige besondere Cautelen zu beachten. — Zunächst muss das verwendete Quecksilber sowie die Glasröhre vollkommen rein sein, da unreines Quecksilber ein anderes specifisches Gewicht hat und ausserdem an den Wandungen adhärirt, so dass keine völlig freie Bewegung desselben stattfinden kann. — Ferner muss aus dem geschlossenen Schenkel jede Spur Luft entfernt sein, da dieselbe sonst das Quecksilber ihrerseits herabdrücken würde. Dieser Bedingung wird dadurch genügt, dass man das Quecksilber nach dem Einfüllen in die Röhre zum Sieden erhitzt, oder die Röhre mit der Luftpumpe luftleer macht und dann mit dem ausgekochten Quecksilber füllt,[2] beides Proceduren, die eine gewisse Uebung in Laboratoriumsarbeiten voraussetzen. — Dass das Barometerrohr luftleer ist, erkennt man an der gleichmässig spiegelnden Oberfläche des

ganzen Rohrs und durch den scharfen trockenen Klang, mit dem das Quecksilber an das Ende der Röhre anschlägt, wenn man das Barometer rasch neigt. — Häufig dringt nachträglich durch unvorsichtige Manipulationen etwas Luft ein und alsdann bemerkt man entweder kleine Luftblasen zwischen Glas und Quecksilber oder der Anschlag des letzteren giebt einen dumpfen, schwachen Ton. Meistens kann diese Luft in hinreichender Weise dadurch entfernt werden, dass man das offene Ende des Rohrs verschliesst, dann das Instrument umkehrt und schüttelt, bis die Luftblase nach oben gestiegen ist.

Transportable Barometer.

Die bisher beschriebene Einrichtung der Barometer ist nur für Laboratorien und grössere Institute verwendbar; für den praktischen Gebrauch musste es von Wichtigkeit sein, Constructionen des Barometers zu finden, welche transportabel sind und deren Ablesung ohne weitere Hülfsmittel erfolgen kann. — Eine grosse Anzahl verschiedener Formen sucht diesen Anforderungen in mehr weniger vollkommener Weise zu genügen.

Am meisten werden jetzt für meteorologische Beobachtungen Gefässbarometer verwandt, die entweder mit beweglichem Boden versehen sind und dann FORTIN'sche Barometer heissen oder unbeweglichen Boden haben und dann Stationsbarometer oder KAPPELLER'sche Barometer genannt werden.[3]

1) Fortin'sche Barometer mit beweglichem Boden.

Die Eigenthümlichkeit der FORTIN'schen Instrumente besteht darin, dass die Oberfläche des Quecksilbers im Gefäss bei jeder Ablesung auf ein und demselben Standpunkt erhalten wird. Bei dem gewöhnlichen Gefässbarometer verändert sich ja stets sowohl das Niveau des Quecksilbers im Rohr, wie das des Gefässes; beide Oberflächen müssen daher bei jeder Ablesung auf's neue einvisirt werden und der Maassstab, mit dem man die Höhendifferenz misst, muss jedesmal einen neuen unteren Nullpunkt erhalten, von dem aus gemessen wird. Bei den FORTIN'schen Barometern wird nun zu jeder Ablesung derselbe Nullpunkt der Scala benutzt; der Maassstab bleibt unveränderlich, während die Oberfläche des Quecksilbers im Gefäss geändert und stets auf den Nullpunkt der Scala zurückgeführt wird. — Dies geschieht dadurch, dass der untere Boden des Gefässes, der beweglich aus Leder gefertigt ist, durch eine unten befindliche Schraube nach auf- und abwärts bewegt werden kann. — Das Gefäss besteht zunächst aus einem Glascylinder, der oben mit einem kupfernen Deckel verschlossen ist und dessen Wandungen unten von einem Buchsbaumcylinder umfasst werden, der als Boden einen Beutel (L) trägt, aussen aus Leder, innen aus vulkanisirtem Kautschuck gefertigt. Der Buchsbaumcylinder wird noch umhüllt von einem weiteren und längeren Metallcylinder (K), dessen fester Boden von einer Schraube durchbrochen wird. Die Spitze dieser Schraube drückt gegen ein Metallstück in der Mitte des Lederbeutels; und durch Drehungen des Schrauben-

griffs S kann der Beutel und somit der Boden des Gefässes auf- und abbewegt werden.

Der Glascylinder ist an seiner oberen Hälfte, bei C, unbedeckt, so dass man die Quecksilberoberfläche beobachten kann. Nun ragt von dem Deckel des Cylinders nach abwärts ein feiner Elfenbeinstift s. Die Spitze dieses Stifts bezeichnet den Nullpunkt der Scala, auf welchen das Niveau des Quecksilbers im Gefäss immer zurückgeführt werden muss; und das wird einfach dadurch erreicht, dass man dasselbe mittelst der Schraube S hebt oder senkt, bis es genau die Spitze des Stiftes berührt. — Am sichersten geschieht die Einstellung, wenn man die Spitze zunächst ein wenig in das Quecksilber eintauchen lässt, wobei sich eine trichterförmige Vertiefung im Quecksilber bildet; darauf senkt man allmählich das Quecksilberniveau, beobachtet dabei, wie die Vertiefung sich allmählich immer mehr abflacht und hört in dem Moment mit Drehungen der Schraube auf, wo die Vertiefung völlig verschwindet, und wo die Spitzen des Stifts und seines Spiegelbildes auf dem Quecksilber sich berühren.

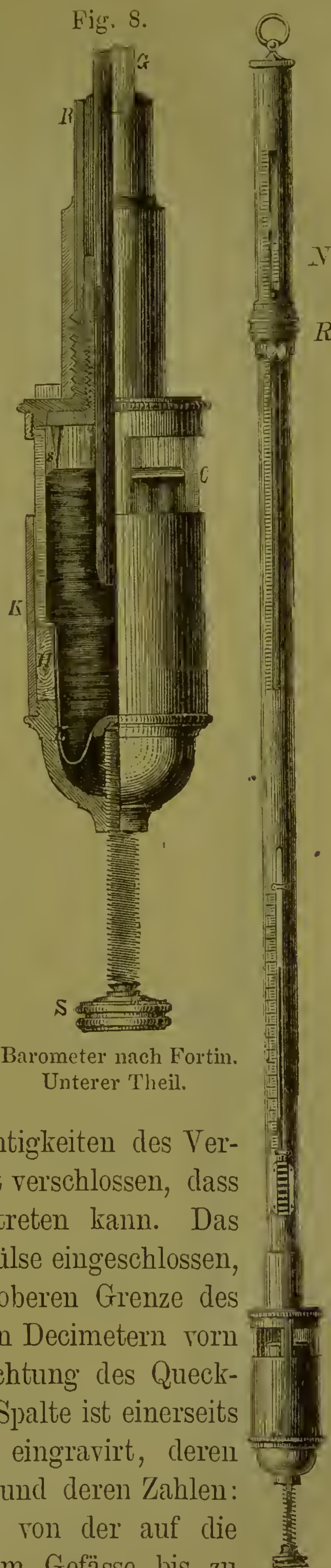


Fig. 8.

Barometer nach Fortin. Unterer Theil.

Fig. 9. Barometer nach Fortin.

Das Barometerrohr reicht durch eine Oeffnung des oberen Deckels in das Gefäss hinein, und die dadurch entstandenen Undichtigkeiten des Verschlusses sind durch eingelegtes Leder so weit verschlossen, dass kein Quecksilber, wohl aber Luft hindurchtreten kann. Das ganze Glasrohr ist dann noch in eine Messinghülse eingeschlossen, die nur in der Gegend der gewöhnlichen oberen Grenze des Quecksilbers auf eine Ausdehnung von einigen Decimetern vorn und hinten unterbrochen ist, um die Beobachtung des Quecksilberstandes zu gestatten. An der vorderen Spalte ist einerseits eine Millimetertheilung in die Messinghülse eingravirt, deren Nullpunkt durch jene Spitze s gebildet wird und deren Zahlen: 760, 770 etc. bedeuten, dass der Abstand von der auf die Spitze s eingestellten Quecksilberoberfläche im Gefässe bis zu

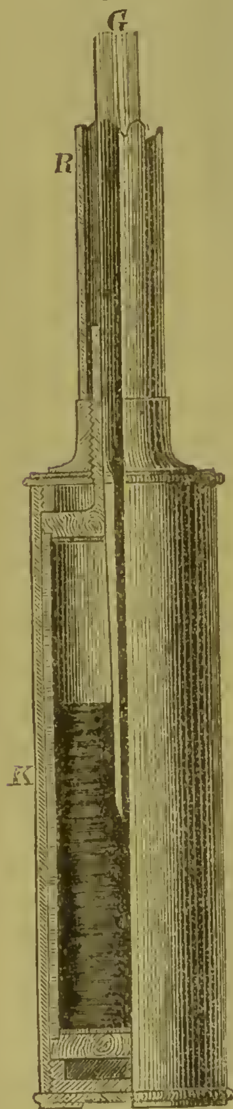
dem betreffenden Theilstrich 760, 770 mm etc. beträgt. Die andere Seite der vorderen Spalte ist gewöhnlich gezahnt und mittelst eines Triebes ist daran ein Nonius verschiebbar, der zur genauen Ablesung des Barometerstandes dient und weiter unten beschrieben werden wird.

Soll das Instrument transportirt werden, so schraubt man den Boden des Gefässes so hoch in die Höhe, dass dasselbe ganz mit Quecksilber angefüllt wird und dass schliesslich auch noch der luftleere Raum des Rohrs ganz von Quecksilber eingenommen ist; dann kann das Instrument beliebig bewegt werden, ohne dass ein Eindringen von Luft zu befürchten ist. Ein zusammenlegbarer Dreifuss schützt es dann noch während des Transports vor äusserer Verletzung und dient, wenn er aus einander gelegt ist, zur Aufhängung des Barometers an jedem beliebigen Orte.

Die Oberfläche des Quecksilbers im Gefäss trübt sich nach längerer Zeit und muss daher zuweilen gereinigt werden. Zu dem Zweck füllt man das Barometer wie zum Transport, kehrt es um und kann nun den Lederboden abschrauben, das Quecksilber herausnehmen und durch Filtrirpapier reinigen. Beim Wiedereinfüllen ist dann nur darauf zu achten, dass das hereinragende Barometerrohr bis an die Spitze so vollkommen mit Quecksilber gefüllt ist, dass keine Luftblase an der Mündung zurückbleiben kann.

2) Stationsbarometer mit unbeweglichem Boden.

Fig. 10.



Stationsbarometer.
Unterer Theil.

Nächst den FORTIN'schen Barometern, die im Rufe der zuverlässigsten Instrumente stehen, werden vielfach KAPPELLER'sche Stationsbarometer in Gebrauch gezogen. Hier ist das Gefäss von festen Wänden umgeben, der Boden ist unbeweglich. Je nach dem Luftdruck wird das Quecksilber im Gefässe bald höher, bald tiefer stehen, und dementsprechend müsste eigentlich der Nullpunkt des Maassstabes bald höher, bald tiefer angelegt werden. Dennoch ist auch bei diesen Barometern die Scala fixirt, und zwar wird dies dadurch ermöglicht, dass die Schwankungen des unteren Quecksilberniveau's aus den Schwankungen der Quecksilberkuppe im Barometerrohr berechnet werden können.

Gewöhnlich ist die Scala so angebracht, dass ihr Nullpunkt zusammenfällt mit demjenigen Stand des Quecksilbers im Gefäss, der durch einen Luftdruck von 760 mm Barometerhöhe hervorgerufen wird. Wird der Luftdruck geringer, so fällt das Quecksilber im Rohr und steigt im Gefäss; beide Excursionen sind aber nicht gleich gross, sondern die grosse Quecksilberoberfläche im Gefäss steigt natürlich weit weniger, als die kleinere Quecksilbersäule im Glasrohr sinkt, und zwar wird die verticale Be-

wegung der ersteren um so viel geringer sein, um wie viel ihr Querschnitt den des Quecksilbers in der Röhre übertrifft. Ist demnach d der Durchmesser der Röhre, D derjenige des Gefässes, in das dieselbe eintaucht, so ist der Querschnitt der Quecksilbersäule im Glasrohr $= \frac{1}{4} \pi d^2$; und der Querschnitt des Quecksilbers im Gefäss $= \frac{1}{4} \pi (D^2 - d^2)$; beide verhalten sich wie $\frac{\frac{1}{4} \pi d^2}{\frac{1}{4} \pi (D^2 - d^2)}$ oder wie $\frac{d^2}{D^2 - d^2}$; und folglich müssen sich die verticalen Excursionen beider Quecksilberflächen unter der gleichen Luftdruckänderung umgekehrt wie diese Proportion verhalten. Beträgt die Bewegung der Quecksilbersäule im Rohr $= x$ Millimeter über oder unter 760 mm, so findet man x_1, die Anzahl der Millimeter, um die sich die Oberfläche im Gefäss bewegt, nach der Gleichung: $\frac{x}{x_1} = \frac{D^2 - d^2}{d^2}$, folglich $x_1 = x \cdot \frac{d^2}{D^2 - d^2}$. Um die so gefundene Grösse ist dann der Nullpunkt der Scala von der unteren Quecksilberoberfläche entfernt und dieser Werth ist also zuzufügen oder in Abzug zu bringen. — Die Grösse x findet man jedesmal durch Subtraction von 760 mm von der abgelesenen Zahl b, also $b - 760 = x$; und um x_1 zu finden ist dann der Ausdruck $b - 760$ mit $\frac{d^2}{D^2 - d^2}$ zu multipliciren.

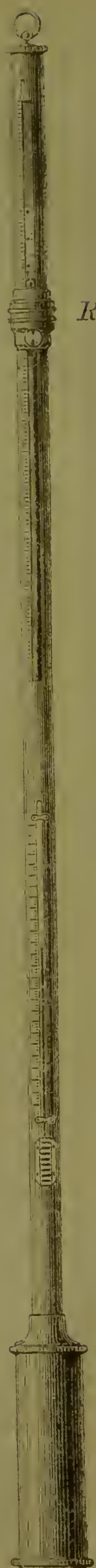


Fig. 11. Stationsbarometer.

Die Formel für die Correction des abgelesenen Barometerstandes ist demnach $b_1 = b + \frac{d^2}{D^2 - d^2} (b - 760)$. — Das constante Verhältniss $\frac{d^2}{D^2 - d^2}$ ist für jedes Instrument bei der Herstellung genau ermittelt und die Zahlen für dasselbe finden sich auf der Bodenplatte jedes KAPPELLER'schen Barometers eingravirt. Ebenso ist dort auch der Luftdruck bezeichnet, bei dem die Quecksilberoberfläche im Gefäss mit dem Nullpunkt der Scala zusammenfällt, und der gewöhnlich, aber nicht immer, 760 mm beträgt. — Die übrigen Einrichtungen dieses Barometers sind ähnlich denen des FORTIN'schen Instrumentes. (S. Fig. 11.)

Der Vortheil, der gegenüber dem letzteren den Stationsbarometern zukommt, besteht in der einmaligen Ablesung, die nur durch einfache Rechnung zu modificiren ist, während bei den FORTIN'schen Barometern ausserdem noch die sorgfältige Einstellung des unteren Niveau's erfolgen muss. Dafür sind andererseits die KAPPELLER'schen Instrumente nur für Stationen geeignet, nicht aber zum Transport nach anderen Orten; bei einem solchen könnte es leicht vorkommen, dass durch ein Lockerwerden der Schrauben der Boden des Gefässes sich etwas verschiebt, oder das Quecksilber in den Poren des Gefässes sich festsetzt, oder ein Theil sich oxydirt und an den Wandungen adhärirt, während natürlich auf ein Constantbleiben der Quecksilbermasse im

Gefäss gerechnet ist. — Die Correction der Gefässbarometer lässt sich auch unmittelbar auf den Maassstab übertragen; man kann dessen Abtheilungen derart verkleinern, dass sie den Bewegungen des Quecksilbers im Gefäss mit Rechnung tragen; alsdann ist in der directen Ablesung die Reduction, die sonst wie oben berechnet werden muss, enthalten.

Die Seebarometer zeichnen sich durch starke Verengung des Rohrs aus, das nur am oberen Ende die gewöhnliche Weite hat. Das Barometer wird dadurch ungeeignet, geringe Schwankungen rasch anzuzeigen, ist daher unempfindlich gegen die Bewegungen des Schiffes und registrirt nur langsam die Luftdruckänderungen.

Einfluss der Capillarität.

Bei den bisher beschriebenen Gefässbarometern kommt noch ein wichtiger Umstand in Betracht, nämlich die Einwirkung der Capillarität. Die capillare Depression, die das Quecksilber durch Glas erfährt, muss in dem engen Rohr weit stärker zur Geltung kommen, als in dem weiten Gefäss, und demnach kann die beobachtete Höhe der Quecksilbersäule nicht vollkommen den hydrostatischen Druck repräsentiren. Von vornherein erscheint es auch sehr schwer, diesen Fehler zu eliminiren; denn die capillare Depression hängt erstens von der Weite der Röhre ab, dann aber auch von dem Winkel, unter dem die Flüssigkeitsoberfläche die Wandfläche schneidet; und dieser Winkel ist nicht constant, sondern sehr variabel. Es müsste also behufs einer Correction eigentlich in jedem Einzelfall eine Messung der Röhrenweite und jenes Winkels statthaben. — Nun nimmt aber die capillare Depression mit der Weite der Röhren sehr rasch ab; bei 4 mm Röhrenweite beträgt sie circa 1,6 mm, bei 20 mm Weite dagegen nur noch 0,025 mm, so dass man durch Anwendung hinreichend weiter Röhren diese Correction ganz umgehen kann. Freilich werden alsdann, wegen der Masse des nöthigen Quecksilbers, die Barometer nicht mehr transportabel und man zieht es daher vor, Röhren von 7—10 mm Weite zu benutzen und auf einem anderen Wege dem Einfluss der Capillarität Rechnung zu tragen, den wir bei der Besprechung des Nonius kennen lernen werden.

3) Heberbarometer.

Bei den Heberbarometern ist meist der untere offene Schenkel annähernd eben so weit wie der obere; alsdann ist die Wirkung der Capillarität beiderseits gleich und kann das Resultat der Ablesung nicht beeinflussen. Trotzdem sind auch für die Heberbarometer weite Röhren zu wählen, um das Quecksilber leicht beweglich und gegen kleine Druckänderungen empfindlich zu machen; nur das Mittelstück ist gewöhnlich verengt, damit die Masse des Quecksilbers nicht zu sehr vermehrt wird.

Beide Quecksilberniveau's ändern sich bei diesen Barometern stets in gleichem Maasse und müssen daher beide sorgfältig berücksichtigt werden. — Entweder ist nun das Barometerrohr und die Scala so befestigt,

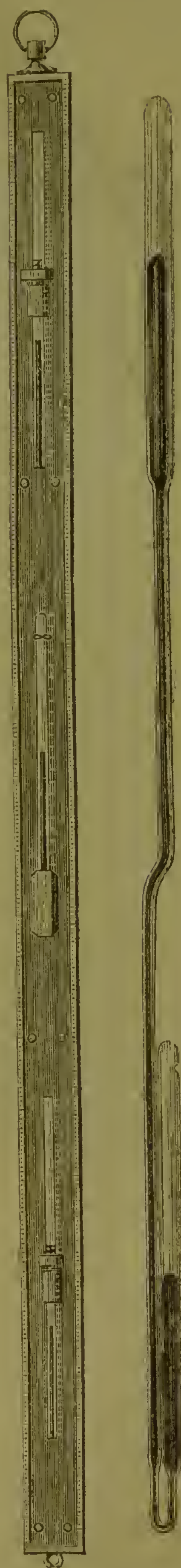
Fig. 12.



Heberbarometer mit festliegendem Rohr und fixer Scala.

dass sie nicht gegen einander verschoben werden, können und zwar kanndie Scala sowohl auf dem Glasrohr selbst, wie auf dem Stativ, welches das Rohr trägt, angebracht sein; alsdann ist unter allen Umständen eine doppelte Ablesung erforderlich. Zunächst ist festzustellen, um wie viel die untere Quecksilberkuppe über oder unter dem festen Nullpunkt (*a*, Fig. 12) steht; alsdann hat man die Zahl abzulesen, die der Maassstab für das Niveau der oberen Kuppe angiebt und welche die Entfernung dieser Kuppe von *a* an misst; dieser Zahl ist dann selbstverständlich noch je nach dem Resultat der ersten Ablesung die Differenz zwischen *a* und dem unteren Niveau in positivem oder negativem Sinne zu addiren, um ein richtiges Maass des Abstandes beider Niveau's zu erhalten. — Häufig ist aber auch der Maassstab so eingerichtet, dass man von einem Nullpunkt ausgeht, der unterhalb beider Quecksilberoberflächen liegt, so dass man erst den Abstand des unteren Niveau's von diesem Nullpunkt, dann den des oberen Niveau's abzulesen und diese Zahlen stets von einander zu subtrahiren hat.

Fig. 13. Fig. 14.



Heberbarometer.

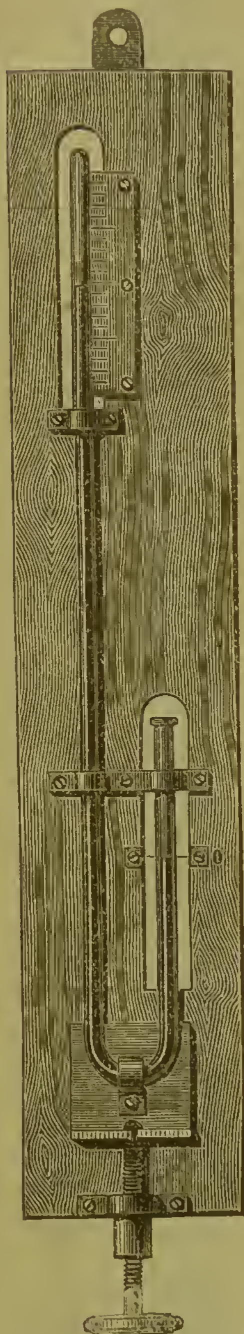
Behandlung der Heberbarometer.

Es kann bei den Heberbarometern aber auch der Maassstab gegen das Barometerrohr verschiebbar sein; und zwar liegt entweder das Rohr fest und man führt bei jeder Ablesung den Nullpunkt des Maassstabs auf das untere Quecksilberniveau; oder das Rohr ist auf dem festen Maassstab beweglich und man verschiebt dasselbe mittelst einer feinen unten angebrachten Schraube (Fig. 15) so lange, bis die untere Quecksilberkuppe genau auf den Nullpunkt der Scala eingestellt ist; in beiden Fällen ergiebt dann eine einzige Ablesung das definitive Resultat.

Mit der Zeit oxydirt sich die Quecksilberoberfläche des offenen Schenkels und bedeckt sich mit einem grauen Ueberzug, der das Glas trübe und undurchsichtig macht,

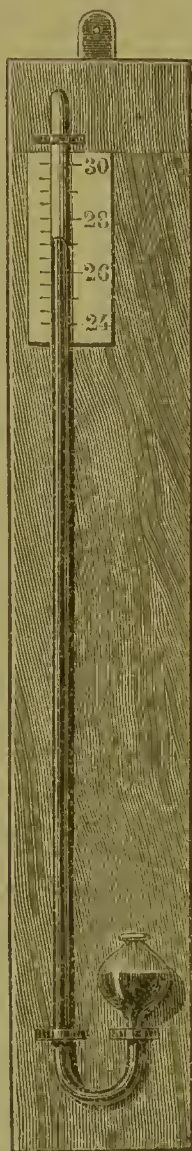
die Gestalt der Quecksilberoberfläche beeinflusst und so das Ablesen. resp. die richtige Einstellung des unteren Niveau's verhindert. Daher ist es gut, die Heberbarometer, so lange sie nicht beobachtet werden, in geneigter Lage zu halten und erst für jede Ablesung vertical zu richten; die untere Quecksilberkuppe liegt dann für gewöhnlich so viel tiefer, dass die hier entstehende Trübung des Glases die Ablesung niemals beeinträchtigt.

Fig. 15.



Heberbarometer mit verschiebbarem Rohr.

Fig. 16.



Zimmerbarometer.

Bei solchen Bewegungen des Barometers ist allerdings sorgfältig darauf zu achten, dass keine Luft in das Rohr eindringt. Man hat die verschiedensten Einrichtungen ersonnen, um den offenen Schenkel leicht so verschliessen zu können, dass kein Quecksilber heraus- und keine Luft hereintritt. Meist befindet sich im offenen Schenkel ein Stäbchen, das unten einen Stopfen trägt; soll das Barometer bewegt werden, so wird vorher dieser Stopfen fest auf das Quecksilber gedrückt. — Zur grösseren Sicherheit ist von Greiner die Einrichtung getroffen, dass der längere Schenkel nicht einfach in den kürzeren übergeht, sondern mit einem Conus im ausgeweiteten offenen Schenkel endet. — Bei den Barometern nach Gay-Lussac steht der kürzere Schenkel nur durch eine sehr feine Oeffnung mit der Luft in Communication, so dass Quecksilber nicht durch dieselbe ausfliessen kann. (Vgl. Fig. 14.) — Dieselbe Einrichtung ist oft noch ausserdem verbunden mit der Bunten'schen Spitze; alsdann endet vor dem Uebergang des langen Schenkels in den kurzen ersterer mit fein ausgezogener Spitze in einer weiteren Röhre, die oberhalb der Spitze angeschmolzen und mit Quecksilber gefüllt ist; wenn trotz der sehr feinen Oeffnung des offenen Schenkels Luft eindringen sollte, so sammelt sich dieselbe dann in dem Raum zwischen der Spitze und dem weiteren Glasrohr, ohne aber in den luftleeren Schenkel aufzusteigen.

Zimmerbarometer.

Eine Mittelstellung zwischen Gefäss- und Heberbarometern nehmen die gewöhnlichen Zimmer- oder Birnbarometer (Fig. 16) ein. Bei ihnen geht das gebogene Rohr am offenen Schenkel in eine starke Erweiterung, eine Art Gefäss, über, das mit Quecksilber etwa zur Hälfte gefüllt ist. Schwankungen des Quecksilbers im Barometerrohr werden eigentlich auch hier immer mit Schwankungen der Oberfläche im Gefäss einhergehen; doch fallen letztere gering aus, da der Querschnitt des Gefässes im Verhältniss zum Rohre sehr gross ist; man nimmt daher das

untere Niveau als constanten, unveränderlichen Nullpunkt an und findet so den jeweiligen Luftdruck durch einmalige Ablesung des Maassstabs in der Höhe der oberen Quecksilberkuppe. — Für genauere Messungen sind diese Instrumente nicht brauchbar; bei vergleichenden Untersuchungen stellte sich heraus, dass selbst die Mittelwerthe aus längeren Beobachtungsreihen meist um mehrere Millimeter fehlerhaft ausfallen. —

Der Transport eines Barometers, selbst innerhalb desselben Zimmers, soll nie ohne die geeigneten Vorsichtsmassregeln geschehen; vor allem darf das Barometer nicht vertical aufrecht getragen werden, sondern stets schräg oder vertical so, dass der luftleere Theil der Röhre nach unten, das Gefäss, resp. der offene Schenkel nach oben liegt. Dabei ist durch die im Vorstehenden erwähnten Manipulationen der luftleere Raum ganz oder doch möglichst mit Quecksilber zu füllen. Transport eines Barometers.

Einstellung und Ablesung des Quecksilberbarometers. Will man ein Barometer ablesen, so hat man stets auf das Genaueste zu ermitteln, welche Stelle des Maassstabes mit der höchsten Spitze der Quecksilberkuppe in demselben Niveau liegt. Um dies mit aller Schärfe feststellen zu können, sind bei jedem besseren Instrumente besondere Vorrichtungen angebracht, welche jenen Punkt der Scala leicht und sicher zu finden gestatten. Einstellung u. Ablesung.

Fig. 17.



Gefäss-barometer. Oberer Theil.

Die Gefässbarometer neuerer Construction sind in der Gegend der Spalte, die zur Beobachtung des Quecksilberstandes dient, von einem schmalen Ringe (*R*, Figg. 9 und 11, *M* in Fig. 17) umschlossen, der auf- und abbewegt und mittelst einer Stellschraube (*V* in Fig. 17) an beliebigen Stellen festgeklemmt werden kann; über demselben befindet sich an der vorderen Seite der Spalte eine kleine Platte *N*, die durch einen schmalen Zwischenraum von dem Ringe getrennt, aber mit demselben in fester Verbindung ist, so dass sie gleichzeitig mit dem Ringe auf- und abgeschoben wird; ist der Ring mittelst der Stellschraube auf dem Gehäuse fixirt, so kann durch Drehung des Ringes das Plättchen demselben mehr oder weniger genähert und sehr allmählich vertical verschoben werden. — Der untere Rand dieser kleinen Platte soll nun so eingestellt werden, dass derselbe mit dem höchsten Punkt der Quecksilberkuppe und mit dem Auge des Beobachters sich in derselben Horizontalebene befindet; es soll dabei das Auge weder die Figur 18 wahrnehmen, noch die Figur 19, sondern $n n'$, der untere Rand der Platte soll nur die oberste Spitze von *a* berühren, so dass zu beiden Seiten dieser Spitze je ein helleres Dreieck entsteht. Man erreicht die richtige Einstellung am Vorrichtung zur Einstellung bei den Gefässbarometern.

Fig. 18.



Fig. 19.



Einstellung des Barometers.

sichersten, wenn man zunächst einen schmalen Zwischenraum zwischen Platte und Kuppe bestehen lässt und dann vorsichtig jene weiter herabbewegt, bis eben Berührung zwischen beiden erfolgt. Die erstere gröbere Bewegung wird dadurch ausgeführt, dass man die Stellschraube *V* lockert und Platte nebst Ring mit der Hand bis zur annähernd richtigen Stellung verschiebt; dann wird der Ring fixirt und nun durch Drehungen desselben die Platte präcise eingestellt; eine Drehung von links nach rechts bewegt die Platte nach abwärts, von rechts nach links aufwärts. Ist in solcher Weise die Einstellung erfolgt, so zeigt nunmehr der untere Rand der Platte *N* genau die Stelle des Maassstabs an, bis zu der die Quecksilbersäule reicht.

Bei Gefässbarometern nach Fortin ist natürlich vor dieser Einstellung das untere Quecksilberniveau bis zur Berührung des Elfenbeinstiftes heraufzuschrauben.

Einstellung bei den Heberbarometern.

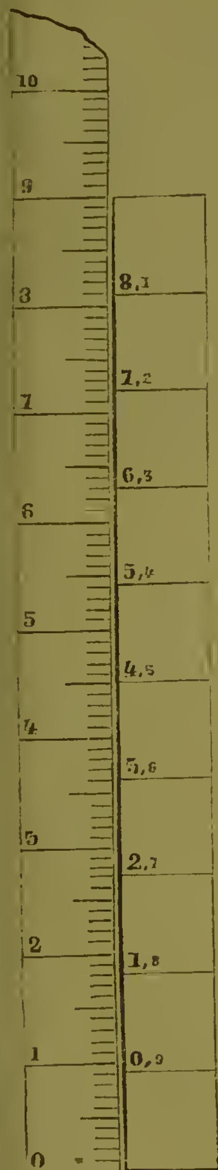
Heberbarometer haben meist 2 kleine Platten, deren eine zur Einstellung an der oberen Quecksilberkuppe verwandt wird, während die andere zur Ablesung am unteren offenen Schenkel dient. Die Auf- und Niederbewegung geschieht hier meist mittelst eines schlittenartigen Aufsatzes, der in ähnlicher Weise, wie der Ring an den Gefässbarometern, geringe Excursionen und sichere Einstellung gestattet.

Nonius.

In jedem Falle ist nun die kleine Platte *N* mit einem sehr feingetheilten Maassstabe versehen, und zwar an der Seite, welche unmittelbar an der Scala des Barometers anliegt, so dass die Theilstriche des kleinen Plättchens und der eigentlichen Barometerscala theilweise in einander laufen. — Der kleine auf der Platte angebrachte Maassstab ist ein Nonius, d. h. ein Maassstab von genau 9 mm Länge, der in 10 genau gleiche Theile getheilt ist, so dass also der Werth jedes Theilstriches = 0,9 mm ist. Wird ein solcher Nonius — Fig. 20 stellt denselben in zehnfach grösserem Verhältniss, als es bei Barometern Gebrauch ist, dar; Fig 21 in natürlicher Grösse — an einen in Millimeter eingetheilten Maassstab angelegt, so dass beider Nullpunkt zusammenfällt, so liegen die beiden folgenden Theilstriche nicht in einer Linie, sondern der Theilstrich 1 des Nonius liegt um $^1/_{10}$ mm tiefer als der Theilstrich 1 des Millimetermaassstabes; der zweite Theilstrich liegt beim Nonius um $^2/_{10}$ mm tiefer und so fort; von dem Punkt ab also, wo die Theilstriche beider Maassstäbe zusammenfallen, bleibt die Theilung des Nonius für jeden weiteren Millimeter um 0,1 mm zurück. — Durch diesen Nonius hat

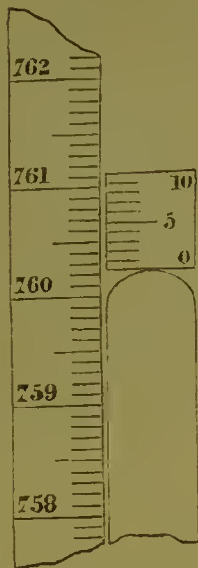
man nun die Möglichkeit, den Stand des Barometers bis auf Zehntel-Millimeter genau abzulesen. Zu dem Ende sieht man zu, nachdem der untere Rand des Plättchens genau bis auf die Quecksilberkuppe eingestellt ist, wo ein Theilstrich des Nonius mit einem Theilstrich der anliegenden, in Millimeter getheilten Barometerscala zusammenfällt. Ist dies z. B. beim 3. Theilstrich des Nonius der Fall, so liegt der Nullpunkt des Nonius von dem zunächst unter ihm liegenden Millimetertheilstrich um 3 Mal $^1/_{10}$ mm entfernt; folglich ist der Stand des Quecksilbers genau bezeichnet, wenn man zu der Zahl, die jener zunächst unter dem Rande des Plättchens liegende Millimetertheilstrich angiebt, noch $^3/_{10}$ mm addirt. — Allgemein hat man also zu demjenigen Theilstriche des Millimetermaassstabes, der zunächst unter der Quecksilberkuppe liegt, so viel Zehntelmillimeter zu addiren, als der Nonius Theilstriche anzeigt an der Stelle, wo irgend ein Theilstrich desselben mit einem solchen des Millimetermaassstabes zusammenfällt. — Sollte kein Theilstrich beider Scalen zusammenfallen, so wählt man denjenigen, bei dem die geringste Differenz besteht und kann alsdann ohne erheblichen Fehler diese Differenz vernachlässigen, da sie die Ablesung nur um Hundertstelmillimeter alteriren kann.

Fig. 20.



Nonius.

Fig. 21.



Nonius.

Correctionswirkung des Nonius.

Bei der obigen Darstellung wurde angenommen, dass der Nullpunkt des Nonius mit dem unteren Rande des Plättchens zusammenfällt, und dass eben dieser Nullpunkt genau auf die Quecksilberkuppe eingestellt wird. Das ist jedoch meist nicht der Fall. Der Nullpunkt des Nonius pflegt um $^1/_3$—$^1/_2$ Theilstrich über dem unteren Rande des Plättchens zu liegen; diesen unteren Rand stellt man auf die Quecksilberkuppe ein, liest aber genau genommen nicht deren Stand ab, sondern ermittelt den Punkt des Maassstabs, an dem der etwas höher gelegene Nullpunkt des Nonius liegt; nach letzterem bezeichnet man die Barometerhöhe und findet diese also eigentlich zu hoch, und zwar um die Distanz zwischen unterem Rande und Nullpunkt des Nonius. — Diese Distanz ist aber absichtlich eingeführt und in der scheinbar fehlerhaften Ablesung liegt eine Correction verborgen. Eine solche ist vor allem nothwendig wegen der Capillardepression, die sich, wie oben erwähnt, in dem engen Rohre stärker bemerklich machen muss als im Gefäss, und die daher eine zu niedrige Ablesung veranlassen würde; der so entstandene Fehler kann offenbar compensirt werden, wenn stets ein etwas höherer Werth abgelesen wird.

als der Stand des Quecksilbers factisch anzeigt; und dies geschieht vermittelst der erwähnten Einrichtung des Nonius. — Ferner liegen oft noch in der Art der Anfertigung des Barometers allerlei Fehler verborgen, die sich schwer ganz eliminiren lassen; so z. B. eine etwas fehlerhafte Stellung der Scala u. s. w. — Um dieselben zu erkennen, wird jedes Barometer nach der Fertigstellung mit einem genauen Normalbarometer verglichen, und die Differenz mit diesem ergiebt die sog. constante Correction des Barometers. Auch diese kann nun entweder in der obigen Einrichtung des Nonius ihre Erledigung finden, oder sie wird dem Beobachter mitgetheilt und bei jeder Ablesung durch Rechnung berücksichtigt. Die Correction wird mit + bezeichnet, wenn das Barometer zu tief steht, mit —, wenn es zu hoch zeigt. — Bei Fortin'schen Barometern kann der constanten Correction auch dadurch genügt werden, dass die Stellung der Elfenbeinspitze verändert wird; bei Stationsbarometern dadurch, dass man die Menge des Quecksilbers im Gefäss regulirt, bis volle Uebereinstimmung mit einem Normalbarometer besteht. — Bei Heberbarometern fallen die erwähnten Fehler meist fort, weil sie an beiden Quecksilberkuppen in derselben Weise wirken und die Differenz beider Ablesungen daher nicht beeinflussen können. —

Constante Correction der Barometer.

Einfluss der Temperatur auf die Barometerangaben.

Unter Beobachtung der bisher angeführten Cautelen erhält man auf's genaueste die Grösse des Luftdruckes ausgedrückt durch die Höhe einer Quecksilbersäule, die einer Luftsäule von gleichem Querschnitt und von der Höhe der Atmosphäre das Gleichgewicht hält. Damit ist aber kein constant bleibendes, unveränderliches Maass gegeben. Bekanntlich dehnt sich das Quecksilber aus und wird specifisch leichter, sobald die Temperatur zunimmt, und wird schwerer, wenn die Temperatur sinkt. Eine Quecksilbersäule, von derselben Höhe und Dicke, wird also ganz verschiedenes Gewicht haben, je nach der herrschenden Temperatur; und daher wird demselben Luftdruck nicht immer durch eine gleich hohe Quecksilbersäule das Gleichgewicht gehalten werden können, sondern durch eine je nach der Temperatur verschiedene Höhe. Um ein vergleichbares Maass zu erhalten, wird es nöthig sein, bei den Barometerbeobachtungen immer die gleiche Temperatur anzuwenden, oder aber, da das nicht möglich ist, die bei anderen Wärmegraden gemachten Beobachtungen auf gleiche Temperatur zu reduciren. — Man ist nun übereingekommen, als Vergleichstemperatur, auf welche alle Ablesungen am Quecksilberbarometer zurückzuführen sind, diejenige des schmelzenden Eises anzunehmen, nämlich 0^0.

Reduction auf 0^0.

Die Reduction der Länge einer Quecksilbersäule von einer beliebigen Temperatur auf die Temperatur von 0^0 erfolgt nach einer einfachen Formel. Der mittlere Ausdehnungscoëfficient des Quecksilbers zwischen 0^0 und 30^0 beträgt 0.00018156, d. h. jede Quecksilbersäule dehnt sich für jeden Grad Temperaturzunahme um 0,00018156 mal ihre Länge aus, aus h wird $h + h \times 0{,}00018156$ bei einer Erwärmung um 1^0; bei einer Erwärmung um x Grad $= h + h \times 0{,}00018156 \times x$. Ebenso wird bei abnehmender Temperatur h in $h - h \times 0{,}00018156 \times x$ verwandelt. Bezeichnet man mit h_0 die Höhe einer Quecksilbersäule bei 0^0, mit h_x die Höhe dieser Säule

bei der Beobachtungstemperatur von x^0, so wird man aus h_x den Werth h_0 finden können nach der Gleichung:

$$h_0 = h_x - h_x \, . \, 0{,}00018156 \, . \, x \text{ oder}$$
$$h_0 = h_x \, (1 - 0{,}00018156 \, . \, x)$$

Einfluss der Temperatur auf den Maassstab.

Der Einfluss der Temperatur erstreckt sich aber nicht allein auf das Quecksilber; auch der Maassstab, mit welchem man die Höhe der Säule bestimmt, unterliegt einer Veränderung durch wechselnde Temperaturen. Die Eintheilung jeder Scala geschieht bei einem bestimmten Wärmegrade und genau genommen können die Angaben des Maassstabes nur für diesen gelten; bei höherer Temperatur verlängert sich der Maassstab, ein und derselbe Längenabschnitt wird dann nicht so viel Theilstriche enthalten, als bei einem kälteren, kürzeren Maassstab; folglich werden die Angaben des Maassstabs zu klein. Umgekehrt werden sie zu gross, wenn die Temperatur unter diejenige sinkt, bei der der Maassstab gefertigt ist. — Die Wirkung der Wärme auf den Maassstab ist also gerade entgegengesetzt der Einwirkung auf das Quecksilber. — Je nach dem Material, aus dem die Scala gefertigt ist, ist die Grösse des Temperatureinflusses verschieden; der Ausdehnungscoëfficient beträgt nämlich für:

Silber = 0,0000191
Messing = 0,000018
Glas = 0,000008

Ist nun z. B. an einem silbernen Maassstab die Barometerhöhe h bei der Temperatur x abgelesen, während der Maassstab bei 0^0 genau Millimetertheilung repräsentirt, so ist die wirkliche Höhe der Säule

$$= h_x \, (1 + 0{,}0000191 \, . \, x)$$

und wenn weiter die Quecksilbersäule von dieser Höhe auf die Temperatur von 0^0 reducirt werden soll, so hat dies zu erfolgen nach der Gleichung:

$$h_0 = h_x \, (1 + 0{,}0000191 \, . \, x) \, (1 - 0{,}00018156 \, . \, x)$$

oder:

$$h_0 = h_x \, (1 - 0{,}00016246 \, . \, x).$$

Grösse des durch die Temperaturcorrection vermiedenen Fehlers.

Es ist leicht zu berechnen, dass die Wärmeausdehnung des Quecksilbers einen erheblichen Fehler verursachen kann, und daher bei einigermassen genauen Beobachtungen nicht vernachlässigt werden darf. Die dadurch erforderte Correction beträgt häufig 2—3 mm. Dagegen ist der Fehler, den die verschiedene Ausdehnung des Maassstabs verursacht, sehr geringfügig: bei einer Temperaturreduction um 20^0 beläuft er sich auf etwa 0,3 mm; da aber gewöhnlich die Scalen bei mittlerer Temperatur ($+ 15^0$) gefertigt sind, wird in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle der Temperaturunterschied viel geringer sein und ohne erheblichen Fehler unberücksichtigt bleiben können, wenn es nicht auf extreme Genauigkeit ankommt.

Tabellen zur Reduction auf 0^0.

Am einfachsten ist die Temperaturreduction auszuführen durch Benutzung der Tabelle III, welche die Grösse der anzubringenden Correction für jeden Temperaturgrad von — 10 bis $+ 35^0$ und für den Barometerstand von 10 zu 10 mm zwischen 700 und 800 mm enthält. — In dieser Tabelle sucht man zunächst den abgelesenen Barometerstand auf, resp. die demselben zunächst liegende Zahl der obersten Horizontalcolumne; man findet so z. B. für die Ablesung 716,4 mm die Columne 720, für 753 mm die Columne 750; wie aus der Tabelle ersichtlich, ist

eine grössere Vervielfältigung dieser Columnen nicht erforderlich, da die Werthe sich nur sehr allmälig ändern. — Alsdann geht man in der betreffenden Spalte herunter bis zu der Reihe, an deren Anfang die am Thermometer abgelesene Zahl der Temperaturgrade steht; sind Bruchtheile von Graden abgelesen, so wird auch hier die nächstübereinstimmende Ziffer der ersten Verticalcolumne gewählt. Der Schnittpunkt beider Reihen liefert dann die Zahl, die, je nach dem Vorzeichen, von dem abgelesenen Barometerstande abzuziehen oder ihm zuzuzählen ist. — Die gegebene Tafel hat einen Maassstab von Messing zur Voraussetzung und dessen Ausdehnung ist mit berücksichtigt; da dieser Einfluss des Maassstabes aber, wie oben gezeigt wurde, sehr geringfügig ist, kann die Tabelle ohne Fehler auch für ein Barometer benutzt werden, dessen Maassstab von anderem Material mit abweichendem Ausdehnungscoëfficienten gefertigt ist. — Weiter ausgedehnte Tabellen siehe in JELINEK's Anleitung.

Reduction der Stationsbarometer.

Benutzt man Stationsbarometer, so ist eine andere Correction anzubringen. Da bei diesen auch der Stand des Quecksilbers im Gefäss von Einfluss auf die abgelesene Barometerhöhe ist, so wird auch die Volumänderung und dadurch bewirkte Niveauverschiebung zu berücksichtigen sein, die das Quecksilber des Gefässes durch verschiedene Temperaturgrade erfährt. Die Correction ist daher nach einer complicirteren Formel zu berechnen, deren eines Glied namentlich auch die Höhe der Quecksilbersäule im Gefäss in Anschlag bringt. Für jedes einzelne Instrument ist nach solcher Formel eine Correctionstafel zu berechnen, die gewöhnlich mit den Barometern versandt wird, oder die der Beobachter sich selbst zusammenstellen kann. Eine eingehende Beschreibung der Methode würde zu weit führen; dieselbe findet sich in JELINEK's Anleitung auf pag. 31—35.

Instruction für die Aufstellung und Beobachtung des Quecksilberbarometers.

Zum Zweck der Temperaturreduction ist an dem Stativ eines jeden besseren Barometers ein Thermometer angebracht, dessen Stand unmittelbar vor jeder Ablesung des Barometers zu notiren ist. — Ueber die Aufstellung und Beobachtung eines Quecksilberbarometers giebt die preussische Instruction für meteorologische Stationen folgende Vorschriften:

„Das Barometer ist in einem hellen Zimmer mit möglichst gleichmässiger Wärme, welches weder von der Sonne beschienen, noch geheizt wird, aufzuhängen. Ist dasselbe ein mit Mikroskopen versehenes Heberbarometer, so ist die Ablesung am schärfsten, wenn das Instrument nicht direct an die Wand gehängt wird, sondern an einem Stativ oder der Seitenwand des Fensters so befestigt wird, dass die Ablesung gegen einen hellen Hintergrund erfolgt. Der Beobachter hat besondere Aufmerksamkeit auf die genau verticale Lage des Instrumentes zu wenden, wozu er sich eines Lothes bedienen kann, und den Ort so zu wählen, dass das Instrument keinerlei zufälligen Beschädigungen ausgesetzt ist. Ausser der Beobachtungszeit ist dem Instrument auf einer seitwärts an-

zubringenden Klammer oder dgl., in welche dasselbe wieder nach jeder Beobachtung gelegt wird, eine solche schiefe Lage zu geben, dass das Quecksilber im kurzen Schenkel ausser dem Bereiche des Spielraumes steht, in welchem sich bei senkrechter Stellung das Quecksilber bewegt; auf diese Weise wird das Erblinden der Glasröhre des kurzen Schenkels am unteren Niveau möglichst vermieden und zugleich der Anforderung, das Barometer vor jeder Beobachtung vorsichtig und langsam hin und her zu schwenken, entsprochen. Am Besten ist es, das untere Niveau sitzend zu beobachten. Die Mikroskope können nach dem Auge des Beobachters gestellt werden; doch ist nach behutsamer Oeffnung der Schrauben hierbei Vorsicht anzuwenden und es erscheint zweckmässiger, nachdem die richtige Einstellung erhalten, diese Schrauben wieder anzuziehen, so dass nicht bei jeder Beobachtung das Mikroskop in der Fassungsröhre zu verschieben ist. Das Fadenkreuz des Mikroskops muss den Scheitel der Kuppe des Quecksilbers, welche in dem Mikroskop als tiefster Punkt der concav erscheinenden Krümmung sich darstellt, treffen, welches, wenn die durch einen Papierstreifen hervorgebrachte Blendung richtig steht, sich sehr scharf beurtheilen lässt. Sollte die Blendung nicht mehr richtig gestellt sein, so erhält man eine scharfe Grenze, wenn man von oben eine dunkle Blendung, etwa eine Visitenkarte, herabbewegt und zwar hinter der Barometerröhre. Der Raum über dem Quecksilber erscheint dann vollkommen scharf begrenzt gegen das Quecksilber. Bei der Einstellung der Oberfläche des Quecksilbers ist auf die horizontale Gesichtslinie zu achten, wenn das Barometer kein Mikroskop hat, sondern nur ein verschiebliches geradliniges Visir. Endlich ist Sorge zu tragen, dass die Scalen vor Anlaufen und Beschmutzung gesichert werden; von Zeit zu Zeit sind dieselben vorsichtig zu reinigen, um die Ablesungen nicht zu erschweren und unsicher zu machen; man entferne z. B. den Staub mittelst eines weichen Pinsels vor dem Einstellen, säubere die Scala mit etwas reinem Oel oder schütze dieselbe am Besten durch einen Gazeüberzug. Die Temperatur des Barometers, wobei das Thermometer vor der Körperwärme geschützt sein muss, ist vor der Einstellung der beiden Oberflächen des Quecksilbers zu notiren.

Gefässbarometer sind natürlich nicht in eine geneigte Lage nach der Beobachtung zu bringen.“

Neben den Quecksilberbarometern findet neuerdings eine Art von Barometern immer weitere Verbreitung, die auf ganz anderem Princip beruhen. Der Satz, dass die Biegung von Stäben oder Röhren proportional der Kraft ist, welche die Biegung hervorbringt, hat zu der Anwendung elastischer Röhren oder Cylinder geführt, die innen luftleer gemacht sind und deren Wandungen je nach der Stärke des Luftdruckes Aneroïdbarometer.

mehr oder weniger zusammengedrückt werden. — Im Laufe der Zeit sind nach diesem Princip verschiedene Formen von Barometern construirt, die man gewöhnlich unter dem Namen Aneroïdbarometer zusammenfasst. Am meisten in Gebrauch sind 3 Constructionsweisen die als eigentliche Aneroïdbarometer, als Baromètres holostériques und als Baromètres métalliques unterschieden werden.[4]

Ursprüngliche Form.

Die ersteren repräsentiren die ursprünglichste Form, die von Vidi bereits im Jahre 1847 der Pariser Akademie vorgelegt wurde. — Der leere Raum wird hier in einem ganz kurzen Cylinder, einer Art Dose, hergestellt, dessen Bodenflächen sehr flexibel sind. Eine dem Luftdruck entgegenwirkende Drahtfeder hält diese Bodenflächen in derselben Entfernung, wie wenn im Innern desselben kein leerer Raum vorhanden wäre. Jedem Werth des Barometerdruckes entspricht eine andere Gleichgewichtslage der Feder; ihre Bewegungen werden durch einen Mechanismus vergrössert und auf einen Zeiger übertragen.

Baromètres holostériques.

Diese eigentlichen Aneroidbarometer sind mehr und mehr verdrängt durch die von Naudet, Hulot & Co. in Paris erfundenen und fabricirten baromètres holostériques. Auch hier liegt in geringem Abstande vor einer massiven Grundplatte ein flacher Cylinder mit wellenförmigen flexibeln Bodenflächen, der im Innern möglichst luftleer gemacht ist. Seitwärts, neben dem Cylinder, erheben sich kupferne Träger von der Grundplatte, die vorn vor dem Cylinder durch ein Querstück verbunden sind; in diesem Querstück ist die den holostériques eigenthümliche Feder angebracht: nämlich statt der Drahtfeder der Aneroïde eine breite Stahllamelle, die zuerst nach oben sich erhebt und sich dann schwanenhalsförmig nach vorn umbiegt. Das vordere Blatt der Feder ist durchbohrt und verbunden mit einer kleinen kupfernen Säule, die im Centrum des Cylinders befestigt ist. Die Feder folgt den Bewegungen des barometrischen Cylinders und überträgt diese mittelst einer complicirteren Vorrichtung auf einen Zeiger. — Die Holostériques zeichnen sich durch die Unveränderlichkeit der Feder und durch die sorgfältige Aequilibrirung jedes einzelnen Stückes aus, die es ermöglicht, dass Lageveränderungen und Transport ohne nachtheiligen Einfluss sind.

Baromètres métalliques.

Das Baromètre métallique ist von Bourdon angegeben. Eine dünne elastische, kreisförmig gebogene Röhre ist luftleer gemacht und an den Enden geschlossen. In ihrer Mitte ist dieselbe auf einer Grundplatte befestigt, während die beiden Enden frei beweglich sind. Wird nun der äussere Druck stärker oder schwächer, so wird sich die Röhre mehr oder weniger stark krümmen und dadurch werden die beiden Enden einander bald genähert, bald von einander entfernt werden. Mittelst eines Winkel-

hebels wird diese Bewegung auf einen Zeiger übertragen, der auf einer Theilung pendelt.

Die Ablesung des Aneroids hat in horizontaler Lagerung zu erfolgen; ausserdem ist vorher durch leises Klopfen an das Gehäuse zu verhindern, dass Trägheit des Zeigers oder etwaige Reibungshindernisse im Innern die Einstellung beeinträchtigen. — Die Theilung wird bei allen Aneroïdbarometern nach einem Quecksilberbarometer aufgetragen. Dieselbe wird aber niemals vollkommen genau sein, sondern ist eigentlich nur zu benutzen, wenn man verschiedene Correctionen anbringt. Zunächst ist die Theilung zu rectificiren. Setzt man das Aneroid bedeutenden Luftschwankungen aus, entweder durch Benutzung der Luftpumpe oder durch Besteigen eines Berges, und misst die Differenz genau mittelst eines Normal-Quecksilberbarometers, so wird meist das Aneroid diese nicht genau, sondern etwas mehr oder weniger angeben; man kann dann aber leicht feststellen, um wie viel der einzelne Millimeter des Aneroids zu gross oder zu klein ist und mit welchem Werthe man jede Ablesung zu multipliciren hat, um richtige Angaben zu erhalten. — Zweitens ist ausser dieser Theilungscorrection noch eine Verbesserung der Ablesung je nach der Temperatur vorzunehmen, die auf die Angaben eines Aneroids in ganz ähnlicher Weise wirkt, wie auf die eines Quecksilberbarometers. — Drittens ist noch eine sogenannte Standcorrection zu beachten, d. h. die Correction, welche durch kleine Constructionsabweichungen für jedes einzelne Instrument erforderlich wird und deren Berücksichtigung den zeitweiligen Stand des Aneroids vollkommen mit dem eines Normalbarometers in Uebereinstimmung bringt. Bezeichnet man der Reihe nach die 3 erwähnten und für jedes Instrument besonders zu ermittelnden Correctionen mit a, b und c, bezeichnet man ferner mit A die unmittelbare, nicht corrigirte Ablesung des Aneroids, mit t die Temperatur, so findet man B, die verbesserte und mit den auf 0^0 reducirten Angaben des Normalquecksilberbarometers übereinstimmende Ablesung nach der Gleichung

Correction der Ablesung bei Aneroïden.

$$B = A + a \cdot A + b \cdot t + c.$$

Die Correction c verändert sich zuweilen und muss daher von Zeit zu Zeit neu bestimmt werden. Ferner ist zu beachten, dass plötzliche starke Luftdruckschwankungen die Elasticität der Feder für kürzere oder längere Zeit beeinflussen können, so dass es gut ist, jedes Instrument, welches solchen Schwankungen ausgesetzt war, von neuem zu prüfen.

Vergleich zwischen Aneroïd- u. Quecksilber-Barometern.

Wenngleich die Quecksilberbarometer in ihren besten Instrumenten und namentlich nach Fortin'schem Princip oder als Heberbarometer construirt, die entschieden zuverlässigsten Angaben des jeweiligen Luftdrucks liefern, so sind doch auch die Aneroïdbarometer zu diesen Messungen völlig brauchbar, wenn sie sorg-

fältig gearbeitet und controlirt sind. Die Meteorologen-Conferenz in Leipzig 1872 sprach sich allerdings in ihrer Majorität dafür aus, dass das Aneroid nicht im Stande sei, das Quecksilberbarometer zu ersetzen, und dass es nicht ausschliesslich verwandt werden dürfe; wohl aber hielt sie den Gebrauch der Aneroide neben Quecksilberbarometern, namentlich als Interpolationsinstrumente, für statthaft. Viele Metereologen stellen die NAUDET'schen Aneroide den besseren Heberbarometern vollkommen gleich. —

Eine besondere Verwendung findet das Aneroidbarometer noch, wenn kleinste vorübergehende Schwankungen des Luftdrucks beobachtet werden sollen. KOHLRAUSCH construirte ein solches mit Spiegelablesung verbundenes Variationsbarometer, welches ein so geringes Trägheitsmoment besitzt, dass es den Schwankungen des Luftsdrucks im Bruchtheil einer Secunde folgt.[5]

Vergleichende Zusammenstellung der Barometerangaben.

Zusammenstellung der Resultate. Die üblichen Beobachtungsstunden des Barometers sind die gleichen wie die des Thermometers; meist wird an meteorologischen Stationen dreimal täglich der Luftdruck gemessen. Ausserdem sucht man gewöhnlich durch zahlreichere Beobachtungen die tägliche Periode des Luftdrucks festzustellen, construirt das Mittel der täglichen Amplitude, berechnet das Monats- und Jahresmittel und sucht so den normalen Gang der täglichen und jährlichen Schwankungen des Luftdrucks derart festzulegen, dass nunmehr die Bedeutung der einzelnen Abweichungen von diesem Gange erkannt werden kann. — Namentlich ist es dann noch Aufgabe der speciellen meteorologischen Beobachtung, verschiedene Orte in Bezug auf das Verhalten ihres Luftdrucks zu vergleichen, die Orte mit gleichem mittlerem Luftdruck, mit gleichen Amplituden zusammenzufassen und Orten gegenüberzustellen, an denen andere Zahlen beobachtet werden. So construirt man die Isobaren, d. h. Linien, welche die Orte gleichen Luftdrucks verbinden; man bezeichnet ferner als barometrischen Gradienten die Gerade, die senkrecht von der Isobare des höheren Luftdrucks nach dem niedrigeren Luftdruck hinführt und man drückt die Grösse des Gradienten aus durch die Anzahl Millimeter, um welche der Luftdruck abnimmt, während man sich in der Richtung des Gradienten um 15 geographische Meilen = 1° fortbewegt. Für diese örtlichen Vergleichungen ist es jedoch von grosser Bedeutung, noch eine weitere Reduction der durch die Ablesung erhaltenen Werthe vorzunehmen, nämlich die Reduction auf das Meeresniveau.

Abnahme des Barometerstandes mit der Höhe.

Je mehr man sich von der Erdoberfläche erhebt, um so geringer wird das Gewicht der drückenden Luftsäule und um so geringer dem entsprechend die Dichtigkeit der Luft; und zwar geht diese Abnahme sehr rasch vor sich, indem die Barometerhöhe in geometrischer Reihe abnimmt, wenn die Erhebungen in arithmetischer Reihe wachsen. Je höher ein Ort liegt, um so geringer wird lediglich der Höhenlage wegen der dort beobachtete Barometerstand sein, und wenn man daher gleichzeitige Barometerschwankungen an zwei verschiedenen Orten vergleichen und aus den

Differenzen auf die augenblicklich vorhandenen Gleichgewichtsstörungen des Luftmeeres schliessen will, so ist es vor allem nöthig, den Einfluss der Höhenlage zu eliminiren und den Barometerstand des einen Ortes auf das Niveau des anderen, oder aber beide auf ein gemeinsames Niveau zu reduciren. — Als letzteres wählt man immer das Meeresniveau.

Nothwendigkeit der Reduction auf das Meeresniveau.

Die Reduction ist scheinbar leicht auszuführen. Mit Hülfe des Satzes, dass die Barometerstände oder die Dichtigkeit der Luft in geometrischer Progression abnehmen, wenn die Höhen, zu denen man ansteigt, in arithmetischer Reihe wachsen, lässt sich leicht eine Formel ableiten, nach der entweder die Höhendifferenz zweier Orte aus den gegebenen Barometerständen oder aber aus der gegebenen Höhendifferenz und dem Barometerstande eines Ortes der des anderen berechnet werden kann. Bei dieser Gleichung ist dann aber vorausgesetzt, dass die Temperatur der Luft an allen Stellen dieselbe ist, dass die Luft überall gleichen Gehalt an Wasserdampf hat und dass endlich die Intensität der Schwere in verschiedenen Höhen gleich gross ist, — Postulate, welche in Wirklichkeit durchaus nicht erfüllt sind, und welche noch entsprechende Correctionen erfordern, die dem Einfluss jener veränderlichen Factoren Rechnung tragen. Da man aber das Gesetz, nach dem die Spannkraft des Wasserdampfs sich mit der Höhe ändert, eben sowenig kennt, wie dasjenige, nach dem sich die Temperatur ändert, so kann man sich nur mit Annäherungswerthen helfen, indem man namentlich annimmt, dass die Temperatur proportional der Höhe absinkt und dass also das arithmetische Mittel aus den an den beiden Stationen beobachteten Temperaturen die wahre mittlere Temperatur der Luft repräsentirt. Neuerdings hat man deutlich nachweisen können, dass diese Annahme durchaus nicht der Wirklichkeit entspricht; die wahre Lufttemperatur weicht erheblich von den Thermometerablesungen der Stationen ab, indem sich die Luft bei weitem nicht so stark und so rasch erwärmt, wie die Thermometer, die dem Einfluss der strahlenden Wärme des Erdbodens und der Umgebung ausgesetzt sind. — So ergiebt sich schliesslich eine sehr complicirte Formel, nach der die Reduction der Barometerstände auf das Meeresniveau mit einiger Genauigkeit ausführbar ist. Aber selbst gegen die Zulässigkeit dieser Berechnung werden manche Einwände geltend gemacht. Zunächst sind einzelne der der Höhenformel zu Grunde liegenden Daten, wie namentlich die Annahme einer bestimmten Temperatur in der Verticalen der Station im Meeresniveau, unsicher; dann aber fehlt vor allen Dingen an den meisten Stationen eine genaue Kenntniss der Seehöhe, die vielmehr erst nach derselben Formel aus der Differenz der mittleren Barometerstände gegenüber einem Orte von anderer Höhenlage bestimmt wird; nur in den seltensten Fällen ist durch directe Nivellements eine sichere Feststellung dieser Grösse gegeben. — Man hat daher versucht die Barometerstände verschiedener Orte vergleichbar zu machen, ohne die Reduction auf das Meeresniveau vorzunehmen, nämlich dadurch, dass man nur die Abweichung des beobachteten Barometerstandes von dem langjährigen Mittel der betreffenden Zeit an jedem Orte bestimmte. Aus den für Hauptstationen durch sorgfältigste und lange fortgesetzte Beobachtungen gefundenen Mitteln lassen sich dabei die für Zwischenstationen geltenden Werthe ableiten. Da aber diese Methode die Voraussetzung eines über ein grösseres Gebiet herrschenden mittleren Gleichgewichtszustands der Atmosphäre einschliesst, in Wirklichkeit aber, selbst am Meeresniveau, die mittleren Verhältnisse des Luftdrucks die grössten Abweichungen unter einander zeigen, so bleibt dieselbe nur für kleinere Ausdehnung verwendbar. —

Schwierigkeit einer genauen Reduction.

Methode der Vergleichung durch die Abweichungen vom mittleren Barometerstande.

Tabellen zur annähernden Reduction auf das Meeresniveau.

Im Ganzen ist es somit nur schwer möglich, Barometerangaben von verschiedenen Orten vollkommen vergleichbar zu machen. Indessen hat eine einheitliche Reduction, so wichtig sie für die praktische Meteorologie und für die Wetterprognose ist, doch nur wenig Bedeutung für die hygienische Beobachtung. Es mag daher genügen, hier nur auf 2 Tabellen zu verweisen, nach denen sehr leicht eine annähernde Berechnung des Barometerstandes im Meeresniveau aus der Höhendifferenz und umgekehrt erfolgen kann. Tabelle V ist ohne weitere Erklärung verständlich; in Tabelle VI* ist angegeben, wie hoch eine Luftsäule sein muss, damit ihr Druck 1 mm Quecksilber betrage; die Höhe einer solchen Luftsäule muss verschieden sein je nach ihrer Temperatur und je nach dem Druck, dem sie ausgesetzt ist. Tabelle VI giebt nun die verschiedenen Werthe für die Temperaturgrade zwischen — 14 und + 30°, und für die Barometerstände von 670 bis 780 mm (von 10 zu 10 mm). — Hat man einen abgelesenen Barometerstand auf Meeresniveau zu reduciren, so sucht man zunächst die Zahl auf, die diesem Barometerstand und der beobachteten Temperatur entspricht; man findet so die Höhe derjenigen Luftsäule, die unter den betreffenden Umständen einen Druck von 1 mm ausübt. So oft nun diese Zahl in derjenigen Zahl enthalten ist, welche die Höhenlage des Orts über dem Meere angiebt, um so viel Millimeter muss der Luftdruck im Meeresniveau höher sein; und so viel hat man also zu dem abgelesenen Barometerstand hinzuzufügen, um den auf Meeresniveau reducirten Barometerstand zu bekommen. — Aehnlich ist die Höhendifferenz zweier Orte zu berechnen, indem man nach dem Mittel aus den an beiden Orten beobachteten Barometerständen und nach dem Mittel der Thermometerablesungen die zugehörige Zahl in Tab. VI aufsucht; diese mit der Barometerdifferenz multiplicirt, giebt den Höhenunterschied. — Die angegebene Berechnungsweise liefert jedoch nur dann annähernd richtige Resultate, wenn beide Orte nicht sehr hoch über dem Meeresspiegel liegen. — (Auch durch Bestimmung des Siedepunkts des Wassers ist eine Abschätzung der Höhenlage möglich, vgl. Tab. I. — Die Formeln zur genaueren Reduction der Barometerstände findet man nebst zugehörigen Tabellen in JELINEK's Anleitung, sowie in der unten angeführten Literatur.) [6]

Barometerskalen.

Die Angaben des Barometerstandes geschehen jetzt fast überall in Millimetern. Beobachtet man mit einem Instrument, dessen Maassstab eine andere Theilung trägt (in englische oder Pariser Zoll und Linien), so ist eine Umwandlung der abgelesenen Werthe in das Metermaass vorzunehmen, die mit Hülfe der Tabelle VII leicht vollzogen

*) Aus MOHN, *Grundzüge der Meteorologie*. Zweite Auflage. Berlin 1879.

verden kann. Man sucht zunächst in der ersten Verticalcolumne die Ganzen der abgelesenen Zahl auf, und geht dann in der zugehörigen Horizontalreihe fort bis zu der Verticalcolumne, die zuoberst die Zahl ler Zehntel trägt; sind auch noch Hundertstel abgelesen, so sind diese nach dem in den untersten Zeilen angegebenen Verhältniss in Hundertstel-Millimeter zu verwandeln und der in der Tabelle gefundenen Zahl zuufügen.

Hygienische Bedeutung der Barometerbeobachtungen.

Hygienische Bedeutung der Barometerbeobachtungen. — Dass lie Hygiene an der Beobachtung der Luftdrucksänderungen ein gewisses nteresse zu nehmen hat, geht schon aus den bekannten eigenthümlichen Symptomen hervor, die durch hochgradige Vermehrung oder Verminlerung des Luftdrucks hervorgerufen werden. Dieselben äussern sich um Theil schon in merkbarer Weise bei einer Luftdruckabnahme um $/_{10}$ bis $^1/_5$ des gewöhnlichen Barometerstandes, z. B. an den zahlreichen Kurorten, bei denen die grössere Höhenlage das wesentlichste therapeuische Moment ausmacht. — Die Wirkungen des vermehrten Luftdrucks ind neuerdings namentlich durch die Arbeiten in comprimirter Luft, lie beim Berg- und Brückenbau erforderlich sind, zur Beobachtung geangt. — Freilich ist hervorzuheben, dass selbst extremste Verminderung und Vermehrung des Luftdrucks unter Umständen ohne wesentliche Störung der körperlichen Functionen ertragen werden, und dass das Auftreten krankhafter Symptome zum wesentlichsten Theil der Zunahme resp. Abnahme des Sauerstoffgehalts der Luft zuzuschreiben ist, welche nit der Luftdruckänderung verbunden sind.

Einfluss starker Erniedrigung oder Steigerung des Luftdrucks.

Ob kleinere Schwankungen des Barometers, wie sie an ein und lemselben Orte als Abweichungen des Tages- oder Monatsmittels, als periodische oder aperiodische Tagesschwankungen auftreten, einen directen Einfluss auf den menschlichen Körper ausüben, ist fraglich und nach len bisher vorliegenden Beobachtungen kaum wahrscheinlich. Dennoch haben auch diese geringfügigen Differenzen ein hygienisches Interesse, da ie häufig indirect Schädlichkeiten veranlassen können; so scheint namentich die Bewegung der Bodenluft unter dem Einfluss der Luftdruckschwankungen zu stehen, und es ist möglich, dass durch eine derartige nittelbare Beziehung die letzteren an der Verbreitung von Krankheiten participiren. — Viele Beobachtungen weisen ihnen ausserdem einen lirecten Einfluss auf die Ansammlung gefährlicher Gase in Kohlengruben und auf die hierdurch stattfindenden Unglücksfälle zu.[7]

Indirecte Wirkung geringer Schwankungen.

Um sichere Anhaltspunkte für die Bedeutung der Barometerschwankungen zu gewinnen, wird es gerade wie bei den Temperaturbeobachungen nöthig sein, — abweichend von den Meteorologen, die wesentlich Mittelwerthe festzustellen suchen — den Verlauf der Schwankungen

Bedeutung der selbstregistrirenden Barometer für das Studium der Luftdruckschwankungen.

genauer zu verfolgen; auch hier würden graphisch registrirte Barometerbeobachtungen sich am besten eignen, um als Basis für Vergleiche mit der hygienischen Statistik benutzt zu werden und Gesichtspunkte für die fernere Beobachtung zu liefern. — Die hierzu nöthigen registrirenden Apparate sind am Ende dieses Abschnitts beschrieben.

Manometer.

Anhang. Manometer. Bei der Untersuchung hygienischer Fragen kommt es nicht selten darauf an, den Druck irgend einer Gasart zu bestimmen. Es kann dies alsdann nach demselben Princip geschehen, nach dem man den Luftdruck durch das Barometer misst. Dieser Methode lag das Gesetz zu Grunde, dass in communicirenden Röhren nur dann Gleichgewicht vorhanden ist, wenn der Druck auf die Oberfläche der beiden Flüssigkeitssäulen beiderseits gleich gross ist; dass aber der Druck eines Gases, welches nur auf die eine Seite der Flüssigkeit wirkt, durch die Höhe der Flüssigkeitssäule gemessen wird, welche in der einen der communicirenden Röhren über das Niveau der Flüssigkeit in der anderen herausragt. — Danach lässt sich nun der Druck der Luft oder irgend eines anderen Gases innerhalb eines abgeschlossenen Raumes dadurch messen, dass man in die einzige Oeffnung dieses Raumes ein aus zwei communicirenden Schenkeln bestehendes Glasrohr einsetzt, das in seinem unteren Theile mit irgend einer Flüssigkeit gefüllt ist. Es wird dann nur in dem Falle Gleichgewicht bestehen, wenn der Druck in jenem Raume eben so viel beträgt wie der Luftdruck; beträgt er mehr, so wird sich die Flüssigkeitssäule im äusseren Schenkel höher stellen, ist geringerer Druck vorhanden, so steht das Niveau der Flüssigkeit im inneren Schenkel höher. Die Nieveaudifferenz giebt das Maass des Ueberdrucks; und zwar ist, wenn man Wasser als Flüssigkeit benutzt, die in Millimeter ausgedrückte Niveaudifferenz gleich der in Kilogramm ausgedrückten Gewichtsdifferenz pro 1 □m Grundfläche, da eine Wassermasse, die 1 □m Fläche 1 mm hoch bedeckt, 1 kgr wiegt. —

Compressionsmanometer.

Bei höheren Drucken wählt man zur Füllung der Manometer schwerere Flüssigkeiten, z. B. Quecksilber. Um sehr hohen Druck zu messen, müssten aber selbst solche Röhren eine bedeutende Länge haben und man verwendet dann lieber sog. Compressionsmanometer. Bei diesen ist der äussere Schenkel der Glasröhre oben geschlossen, so dass zwischen diesem Verschluss und der Flüssigkeit ein gewisses Luftvolumen abgeschlossen ist; man bestimmt alsdann den Druck eines Gases durch das Maass, in dem dieses Luftvolumen zusammengedrückt wird. Ist dabei der Querschnitt des inneren Schenkels, auf dessen Flüssigkeit das Gas drückt, sehr gross, der des äusseren Rohres sehr klein genommen, so kann man die Niveauveränderung im inneren Schenkel ignoriren: und es bleibt dann nur übrig von einem fixen Punkte aus die Höhe der Säule im äusseren Schenkel zu messen.— Bei den im Folgenden zu beschreibenden hygienischen Untersuchungsmethoden handelt es sich jedoch gewöhnlich nicht um hohe Drucke, sondern um sehr geringe Druckdifferenzen, die an den gewöhnlichen Manometern nicht mehr erkannt werden können. Für manche derartige Fälle ist es z. B. von Wichtigkeit, ein Instrument zu besitzen, um selbst diejenigen kleinen Unterschiede in der Dichtigkeit der Luft wahrzunehmen, die durch geringfügige Erwärmung entstehen und die ihrerseits den Anlass zu Luftströmungen geben, welche sich mit anderen Hülfsmitteln kaum messen lassen. Diesen Anforderungen entspricht das von Recknagel construirte Differential-Manometer. In der ursprünglichen Form besteht dasselbe aus einem kleinen Messingcylinder von ca. 100 □cm Bodenfläche und 6 cm Höhe, dessen

Differentialmanometer.

Wandung oben und unten durchbohrt und mit Ansatz von Messingrohr versehen ist. Das obere Rohr vermittelt die Verbindung mit dem Gasraum, dessen Druck gemessen werden soll. Als solchen benutzte Recknagel eine Röhre von 2 m Länge, die mit drei Hähnen versehen war; durch zwei derselben wurde die Röhre mit der zu prüfenden Gasart gefüllt; der dritte Hahn führte zu einem Schlauch, der auf dem oberen Messingrohr des Cylinders aufsass, und konnte mittelst einer doppelten Bohrung entweder die Verbindung des Cylinders mit der freien Atmosphäre, oder aber mit dem Gas der Versuchsröhre herstellen.

Der untere Rohransatz bildet das communicirende Rohr und führt zu einem Glascylinder von 2,5 bis 3,0 cm Weite und 3 cm Höhe. Von diesem aus werden beide Cylinder mit Flüssigkeit bis zu einer gewissen Höhe gefüllt; auf das Flüssigkeitsniveau in dem engeren Glascylinder wird von oben eine feine Spitze von Messing herabbewegt, bis genau zur Berührung der Oberfläche; diese Spitze ist mittelst Mikrometerschraube auf- und abzubewegen; ändert sich, nachdem die Verbindung mit dem zu untersuchenden Gas hergestellt ist, das Niveau der Flüssigkeit, so wird die Spitze durch Drehungen der Mikrometerschraube so lange verstellt, bis wieder gerade Berührung der Oberfläche erfolgt; und wenn die Höhe eines Schraubenganges bekannt ist, lässt sich aus der Zahl der erforderlichen Drehungendie Höhendifferenz berechnen. —

Um die etwas delicate Einstellung des Instruments und die möglichen Fehler, die in der Schraube liegen können, zu vermeiden, hat Recknagel eine zweite Form des Differentialmanometers construirt, bei welcher der Glascylinder und die Schraube ganz fehlen und wo der untere Rohransatz statt dessen in eine schräg aufsteigende Glasröhre von kleinem Querschnitt übergeht; innerhalb dieser Röhre bewegt sich das äussere Flüssigkeitsniveau. Dieselbe hat eine Weite von 3 bis 4 mm und eine Länge von etwa 15 cm; sie ist mit einer Millimetertheilung versehen und so verstellbar, dass ihr beliebige Steigungen zwischen 0 und 15^0 gegeben werden können. Mit diesem Manometer gelingt es, selbst geringfügige Gewichtsdifferenzen zwischen einem Gase und Luft oder auch Luft von verschiedener Temperatur durch eine Fortbewegung des Flüssigkeitsniveau's um mehrere Millimeter Weglänge sichtbar zu machen. — Die Aichung des Instrumentes geschieht am besten durch fortschreitendes Füllen mit gewogenen Mengen Flüssigkeit. — Um den störenden Einfluss des Staubes im Innern der Röhre zu eliminiren, der durch seine fettige Beschaffenheit dem Vordringen von Wasser leicht Widerstand entgegensetzt, wendet Recknagel Petroleum zur Füllung des Manometers an, welches ausserdem noch den Vortheil der leichteren Beweglichkeit und des geringeren specifischen Gewichtes hat. — Die Instrumente werden nach Recknagel's Angaben von Stollnreuther in München gefertigt.[8] —

Literatur. 1) A. Heller. Ueber ein Barometer ohne Quecksilber. Pogg. Ann. Bd. 142. pag. 311. — 2) H. Wild. Methode zur Füllung der Barometerröhren ohne Auskochen und ohne Gefahr des Zerspringens derselben. Carl's Repert. 1871. — Vgl. auch: Taupenot, Ann. de chim. et de phys. III. sér. t. 49. — 3) Beschreibungen verschiedener Barometerformen finden sich ausser in den physikal. Handbb. namentlich in Jelinek, Anleitung zur Anstellung meteorologischer Beobachtungen, 2. Aufl., Wien 1876. — Vgl. ferner: H. Wild, Neues Heberbarometer. Carl's Repert. 1875. p. 389. — H. Wild. Ueber Normalbarometer und ihre Vergleichung. Zeitschr. f. Met. 1877. p. 417. — Carl's Repert. 1879. p. 399. — Ueber Controle der Barometer vgl. auch Pflüger, Arch. f. d. ges. Phys. 18, 117. — Be-

treffs der Reductionsformeln s. H. Wild. Ueber die Bestimmung des Luftdrucks. Repert. f. Meteor. III. Bd., p. 8. — Für Stationsbarometer: Zeitschr. f. Meteor. Bd. 3, p. 418. — 4) Vidi, Compt. rend. Bd. 24, p. 975. — Auch beschrieben in Dingler's Pol. J. 1849. — Die Instrumente von Naudet, Hulot & Comp. sind beschrieben im Bull. de la société d'Encouragement. Sér. 2, T. 13. — Ferner in: Carl's Repert., Bd. 3 [mit Abbildungen]. — Bourdon, Compt. rend. Bd. 37, p. 656 und V. Pierre, Verh. d. Kön. Böhm. Ges. d. Wiss. 1860. — Andere Constructionen von Aneroïden: Goldschmid, ein neues Aneroïdbarometer. Carl's Repert. 1870. — Weilenmann, Ueber das Aneroïdbarometer von Goldschmid und Verbesserungen daran, Zeitschr. f. Meteor. 1874, p. 157, p. 171, ibid. 1876, p. 225 u. 1878, p. 174. — Schell, Standaneroïdbarometer, System Arzberger & Starke, Carl's Repert. 1877, p. 529 u. 1878, p. 730. — Vgl. ferner: Stewart, Notizen über Aneroïdbar., Carl's Rep. 1870. — P. Schreiber, Ueber die Verwendbarkeit der Aneroide von Naudet, Carl's Rep. 1873 u. 1874. — Höltschl, ibid. 1874, p. 57. — Neumeier, Ueber die praktische Verwerthung der Aneroïde bei Höhenmessungen. Carl's Rep. 1877, p. 394. — Vogler, Beitrag zu den Erfahrungen über Naudet'schen Aneroïde, ibid. 1878, p. 544. — Jelinek, Ueber die Constanten der Aneroïde, ibid. 1877, p. 43 [mit historischen Notizen]. — 5) F. Kohlrausch, Ein Variationsbarometer. Carl's Rep. 1874, p. 85. — W. C. Röntgen, Ueber ein Aneroïdbar. mit Spiegelablesung, ibid. 1879, p. 46. — 6) La Place, Mécanique céleste, livr. X. ch. 4. — Poisson, traité de Mécanique, T. II, l. 4. — Brandes, Ueber Höhenmessungen, Gehler's phys. Wörterb. V, 1. — Baeyer, Poggend. Annal., Bd. 118. — Schoder, Hilfstafeln zur barometrischen Höhenbestimmung, Württemb. Naturwiss. Jahreshefte 1872. — Rühlmann, die barometrischen Höhenmessungen etc. Leipzig 1870. — J. Hann, Ueber die Reduction der Barometerstände auf das Meeresniveau, Zeitschr. f. Meteor., Bd. 8, 1873, p. 321. — 7) Vgl. P. Bert, Compt. rend., Bd. 76, p. 443, p. 578, p. 1276, p. 1493. — Bd. 77, p. 531. — Bd. 78, p. 911. — Ueber comprimirte Luft s. ferner: G. v. Liebig, Deutsche Klinik 1872. — Deutsch. Arch. f. klin. Med., Bd. 8, p. 445. — Zeitschr. f. Biologie, Bd. 5. — Arch. f. Anat. u. Phys. 1879, p. 284. — Foley, Du travail dans l'air comprimé etc. Paris 1863. — Ann. d'hyg. publ. 1864. — François, Ann. d'hyg. publ. 1866. — Panum, Pflüger's Archiv 1868. — v. Vivenot. Zur Kenntniss der physiologischen Wirkungen u. der therapeutischen Anwendung der verdichteten Luft, Erlangen 1868. — Prager Vierteljahrsschr., Bd. 89. — Runge, Wien. allg. medic. Zeit. 1868. — Friedberg, Ueber die Rücksichten der öffentl. Gesundheitspflege auf das Arbeiten in comprimirter Luft, Berlin, Hickethier, 1872 [Literaturzusammenstellung]. — Knauthe, Handbuch der pneumatischen Therapie, Leipzig 1876. — Zeitschr. für Berg-, Hütten- u. Salinenwesen, Bd. 4, 8, 17. — Ueber die Wirkung verdünnter Luft s.: Meyer-Ahrens, Die Bergkrankheit, Leipzig 1854. Brehmer, Die chronische Lungenschwindsucht, Berlin 1857. — Rhoden, Berl. klin. Woch. 1870. — Waldenburg, Die Tuberculose etc., Berlin 1869. — Küchenmeister, Ueber das Vorkommen der Lungenschwindsucht nach Höhe etc,. Dresden 1869. — v. Corval,' Viert. f. öff. Ges. 1874. — Kunze, Deutsch. Zeitschr. f. prakt. Medic. 1875. — Schlagintweit, Zeitschr, f. Erdkunde, Berlin 1866. — Jourdanet, Influence de la pression de l'air sur la vie de l'homme. Paris 1875. — Macpherson, Lancet 1874. August — Naturforscher Bd. 6, p. 80. — Vgl. ferner: Berger, Zusammenhang zwischen den plötzlichen Todesfällen und Witterungsverhältnissen. Zeitschrift f. Biologie, Bd. 4. — Ueber den Einfluss meteorologischer Vorgänge auf die Gasgefährlichkeit in den Kohlengruben: Simmersbach, Zeitschr. f. Meteor. 1872. — Buys-Ballot, ibid., p. 108. — Scott & Galloway, ibid., p. 196 u. 1875, p. 28.

Nasse, Naturforscher XI, p. 24. — S. auch unter „Boden“ — 8) Vgl. die Berichte über Manometer in Dingler's Polyt. Journ. — Recknagel in Pogg. Ann. 1877, Bd. 2. — Journ. f. Gasbeleuchtung 1877, p. 662. —

III. Windrichtung und Windstärke.

Ueber die Beobachtung der Windrichtung giebt die preussische Instruction für die Beobachter an meteorologischen Stationen folgende Vorschriften: Beobachtung der Windrichtung.

„Die Windfahne, deren 8 Weltgegenden richtig orientirt sein müssen und welche am Beobachtungsorte selbst angefertigt werden soll, falls daselbst keine zuverlässige vorhanden ist, muss frei gelegen, auf einem hervorragenden Punkte aufgestellt werden und leicht genug in ihrer Drehung um die verticale Achse sein. Um bei Dunkelheit sicherer beobachten zu können, würde ein weisser Lacküberzug des Eisenbleches zweckmässig sein; wo es jedoch die Oertlichkeit irgend zulässt, ist es noch rathsamer, den Stand der Windfahne Nachts auf einer Scheibe im Inneren des Hauses, deren Zeiger mit jener correspondirend sich dreht, abzulesen, wozu der Beobachter sich eine einfache Vorrichtung, je nach Beschaffenheit des Beobachtungsortes, construiren kann. (Man befestigt z. B. ein Blech an der Axe, welche in Zapfen ruht, so dass diese sich zugleich mitdreht und einen am unteren Ende ihrer Verlängerung durch die Decke des Zimmers befestigten Zeiger, der mit dem Bleche in einer Ebene liegt, in Bewegung setzt. Vgl. über solche Vorrichtungen Gehler's physik. Wörterbuch.) — Bei genauer Kenntniss der Weltgegenden kann auch der Schornsteinrauch hochgelegener Gebäude oder bei ganz freier Stellung des Beobachters das Gefühl über die Windrichtung in der Nähe des Bodens bei Dunkelheit Aufschluss geben, wenn andere Beobachtung unmöglich ist.“

Die Fahne besteht am besten aus zwei im Winkel von 20° gegen einander geneigten Flügeln; neuerdings werden Wimpel statt der Fahnen empfohlen.[1] An den grösseren Stationen sind mit den Windfahnen Registrirapparate verbunden, die weiter unten im Zusammenhange mit den übrigen Registrirvorrichtungen beschrieben werden. Construction der Windfahne.

Die Windrichtungen werden nach dem astronomischen, nicht nach dem magnetischen Meridian bestimmt; benutzt man bei der Aufstellung einer Windfahne eine Boussole, so hat man die magnetische Declination der Nadel zu berücksichtigen. — Auf der Windrose sind mindestens 8 Richtungen aufzutragen. Der Wiener Meteorologencongress ist übereingekommen, die Ostrichtung nicht mit O, sondern mit E zu bezeichnen, da O im Französischen, Italienischen, Spanischen und Portugiesischen als Zeichen für die Westrichtung gebraucht wird. Bezeichnung der Windrichtung.

Auch der Bestimmung der Windrichtung, namentlich wenn selbstregistrirende Apparate zugleich die Dauer angeben, während welcher ein

Einfluss der Windrichtung.

Wind weht, kommt eine gewisse hygienische Bedeutung zu. So ist es namentlich für die Anlage von Strassenrichtungen etc. wichtig, über die vorzugsweise herrschenden Winde orientirt zu sein. — Merkwürdigerweise wird bis jetzt immer nur die Richtung des Windes innerhalb der Horizontalebene bestimmt; während wir zweifellos auch ein gewisses Interesse daran haben müssen, bei den verschiedenen Winden den Grad ihrer Abweichung von der Horizontalen kennen zu lernen. Eine solche aufwärts oder abwärts strebende Bewegung kommt der Mehrzahl der Luftbewegungen zu; die an vielen Orten typische Barometerdepression am Vormittag erklärt sich durch warme aufsteigende, die Luftdrucksteigerung am Abend durch niedersteigende kalte Strömungen; in exquisiter Weise wird in der Region der Calmen stete Ascension beobachtet, desgleichen an grösseren Erhebungen der Erdoberfläche. Je nachdem ein Wind aber auf- oder abwärts gerichtet ist, wird er z. B. auf die Bodenluft und namentlich auf die Luft des Wohnhauses eine saugende oder drückende Wirkung ausüben und dadurch unter Umständen eine specifische hygienische Bedeutung erlangen können. — Instrumente, um diese Art der Windrichtung zu beobachten, sind, abgesehen von einigen vorläufigen Vorschlägen Mühry's, noch nicht angegeben.[2]

Auf- oder absteigende Richtung des Windes.

Windstärke u. Windgeschwindigkeit.

Messung der Windstärke und Windgeschwindigkeit. Dieselbe erfolgt entweder durch Schätzung nach einfachster empirischer Methode oder durch exactere Messung mittelst eines Anemometers.

Methoden zur ungefähren Schätzung der Windstärke.

Als Mittel, die Geschwindigkeit eines Luftstromes zu schätzen, kann man den Grad der Ablenkung einer Kerzenflamme, die Bewegung einer Rauchsäule, die Fortführung von Flaumfedern oder Papierschnitzeln benutzen, wenn die Luftströmungen sehr schwach sind; bei stärkerer Bewegungsgeschwindigkeit, wie sie fast stets — selbst bei scheinbarer Windstille — in freier Luft herrscht, sind diese Mittel nicht mehr anwendbar. Alsdann lässt sich eine ungefähre Vorstellung von der Windstärke aus dem Eindruck gewinnen, den die ausgestreckte Hand des Beobachters durch die bewegte Luft erhält; obwohl die individuelle Empfindlichkeit des Einzelnen, ferner der Wechsel der Temperatur und des Feuchtigkeitsgehaltes, Luftströmungen von gleicher Geschwindigkeit sehr verschieden fühlbar machen kann und jede genauere und vergleichbare Bestimmung unmöglich erscheinen lässt.[3] Die mehr oder weniger starke Bewegung der Baumblätter, der Aeste etc. geben weiterhin Anhaltspunkte für die Schätzung der Windstärke an solchen Beobachtungsstationen, wo keine Anemometer im Gebrauch sind.

In der preussischen Instruction findet sich folgende Vorschrift:

Scala der preussischen Instruction.

„Die Windstärke ist angenähert nach folgenden Graden schätzungsweise anzugeben:

0 = völlige Windstille.
1 = leichter Wind, welcher die Baumblätter leicht bewegt und wobei man dann und wann das Gesicht angeweht fühlt.
2 = Wind, der die Baumzweige bewegt, das Gehen zuweilen etwas hindert und im Freien ein mehr oder weniger schwaches Sausen verursacht.
3 = Wind, bei dem sich starke Aeste und selbst ganze Bäume bewegen, das Gehen gegen denselben beschwerlich ist, ein stärkeres Sausen vernommen wird, oft mit Windstössen dazwischen, und leichte Körper in die Höhe geführt werden.
4 = Sturm, wobei ganze Bäume in steter Bewegung sind, zuweilen Zweige und Aeste in belaubten Bäumen brechen. Blätter, Staub etc. werden beständig und zu grossen Höhen gehoben und weit fortgeführt; ein sehr starkes Sausen mit heftigen Windstössen wird fast unaufhörlich bemerkt; das Gehen gegen den Wind ist sehr beschwerlich oder fast unmöglich; hier und da fallen Ziegel herab.“

Ausser der 4stufigen, sog. Mannheimer Scala, sind noch eine Menge anderer Abstufungen im Gebrauch; so in England eine 6stufige Landscala und eine 12stufige Seescala; in Frankreich eine 7stufige, in Nordamerika eine 10stufige Scala. Dadurch ist eine Vergleichung der Windstärken in verschiedenen Orten und Ländern so gut wie unmöglich gemacht; es ist deshalb schon auf dem Wiener Meteorologencongress der Wunsch ausgesprochen worden, allmälig zu einer einheitlichen Bezeichnung überzugehen und man hat beschlossen, dass die Windgeschwindigkeit ausgedrückt werden soll durch die Anzahl von Meter, die der Wind in einer Secunde zurücklegt. — Um dann den Druck des Windes aus der Geschwindigkeit zu berechnen, hat man die Formel: Andere Scalen.

Verhältniss zwischen Druck und Geschwindigkeit des Windes.

$$P = \frac{v^2}{8{,}186} \text{ oder } P = 0{,}12216 \,.\, v^2,$$

in der P den Druck des Windes in Kilogramm auf den □ m, v die Geschwindigkeit in Meter pro Secunde bedeutet. (Zuweilen wird die Geschwindigkeit auch nach englischen Meilen pro Stunde oder nach Kilometern pro Stunde, der Winddruck in Pfunden auf den Quadratfuss oder in Kilogramm auf den □ m angegeben.)

Durch vielfache Vergleichung der Resultate empirischer Schätzung mit Anemometerbeobachtungen hat man nun für die einzelnen Grade der üblichen Scalen bestimmte Zahlenausdrücke gewonnen. So hatt Scott für die 12stufige Beaufort'sche Scala folgende Tafel zur Verwandlung der geschätzten Grade in absolutes Maass aufgestellt[4]:

Verwandlung der geschätzten Scalengrade in absolutes Maass.

BEAUFORT'sche Scala.	Windgeschwindigkeit, Meter pro Secunde.	Winddruck, Kilogr. auf den □m.
0	1,5	0,3
1	3,5	1,5
2	6,0	4,4
3	8,0	7,8
4	10,0	12,2
5	12,5	19,0
6	15,0	27,4
7	18,0	40,0
8	21,5	56,0
9	25,0	76,0
10	29,0	103,0
11	33,5	137,0
12	40,0	195,0

Oesterreichische Scala.

Für die österreichischen Stationen ist vorläufig noch die 10stufige Scala beibehalten:

Geschätzte Stufe:	Windgeschwindigkeit in Meter pro Sec.:	
0	1	Windstille oder leichtes, kaum merkbares Lüftchen.
1	3	Schwacher Wind, der die Blätter der Bäume bewegt.
2	5	Mässiger Wind, der auch die schwächeren Zweige der Bäume bewegt.
3	8	Mässiger Wind, der auch die stärkeren Zweige bewegt.
4	11	} Ziemlich starker Wind, der schon die stärkeren Aeste bewegt.
5	15	
6	19	starker Wind } der die ganzen Bäume bewegt, auch wohl Zweige abbricht.
7	24	sehr starker Wind
8	29	stürmischer Wind, welcher Aeste oder schwache Bëume bricht, das Gehen im Freien schwierig macht.
9	34	Sturm, welcher starke Bäume bricht oder entwurzelt. Waldbrüche oder Schäden an Dächern verursacht, Menschen zu Boden wirft etc.
10	40	Orkan, welcher Häuser abdeckt, festgemauerte Schornsteine herabwirft, schwere Massen fortbewegt etc.

Messung der Windgeschwindigkeit durch Anemometer.

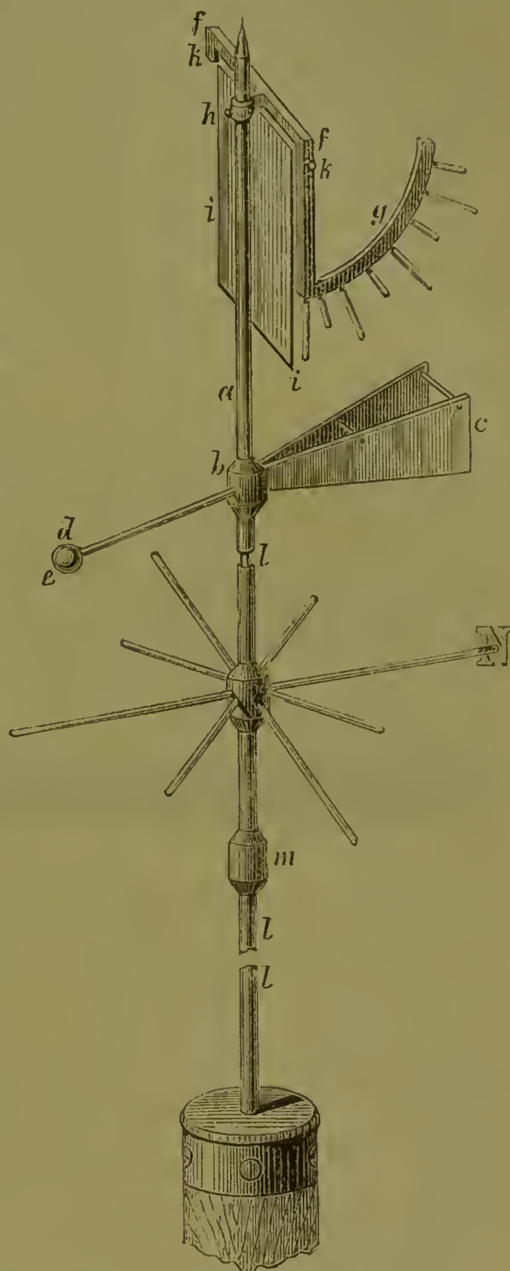
Die Anemometer, die zur exacteren Messung der Windintensität gebraucht werden, haben sehr mannigfaltige Form. Man unterscheidet zwischen statischen und dynamischen Instrumenten; die ersteren geben nur den Druck an, den zu irgend einem Zeitpunkte der Wind auf eine ihm entgegengestellte Fläche ausübt; die letzteren geben die Windgeschwindigkeit durch die Zahl der Umdrehungen an, welche ein System von Flügelrädern innerhalb einer gewissen Zeit durch den Wind erfährt.

Statische Anemometer von Recknagel, Wolpert, Lind, Wild.

Die statischen Anemometer zeigen in ihrer verbreitetsten Form eine Platte, die dem Winde ausgesetzt wird und deren Bewegung eine Spiralfeder zu hemmen sucht. In einer neueren Construction RECKNAGEL's ist ein Windflügel mit der Feder verbunden, dessen Drehung diese zu hemmen sucht. Die Grösse der Excursion wird

durch einen Zeiger auf einer kreisförmigen Scala angegeben und nach einer Tabelle, die auf dem Instrument angebracht ist, lässt sich aus der Ablenkung des Zeigers direct die Windgeschwindigkeit ablesen. Mittelst eines beigegebenen Gewichtes ist die Integrität der Feder jederzeit zu controliren. — Aehnlich ist das von WOLPERT construirte Anemometer. — LIND misst den Druck des Windes durch die Höhe einer gehobenen Flüssigkeitssäule; ein communicirendes Rohr, zur Hälfte mit Flüssigkeit gefüllt, wendet die Oeffnung des einen Schenkels mit trompetenartiger Erweiterung dem Winde zu, der dann, je nach seiner Stärke, das Flüssigkeitsniveau in diesem Schenkel herab- und das des anderen heraufdrückt. Durch die Befestigung an einer Windfahne wird die Oeffnung des Apparates dem Winde immer gegenüber gestellt. — H. WILD hat den in Fig. 22 abgebildeten Windstärkemesser empfohlen, bei dem eine Blechtafel von 30 cm Länge und 15 cm Breite, 200 gr schwer, an einem Bügel aufgehängt ist, so dass sie um die durch die Befestigungsschrauben gehende horizontale Achse drehbar ist. An der Seite des Bügels ist der Bogen g angebracht, der eine Anzahl von Stiften mit ungleichen Abständen trägt. Aus dem Hebungswinkel der Tafel, der einfach aus der Nummer des Stiftes abgelesen wird, bis zu dem sie vom Winde erhoben ist, ergiebt sich die Windgeschwindigkeit nach folgender Tabelle:

Fig. 22.



Windstärkemesser nach Wild.

Nummer des Stiftes:	1	2	3	4	5	6	7	8.
Hebungswinkel:	0°	4°	15,5°	31°	45,5°	58°	72°	80,5°.
Windgeschwindigkeit:	0	2	4	6	8	10	14	20m.

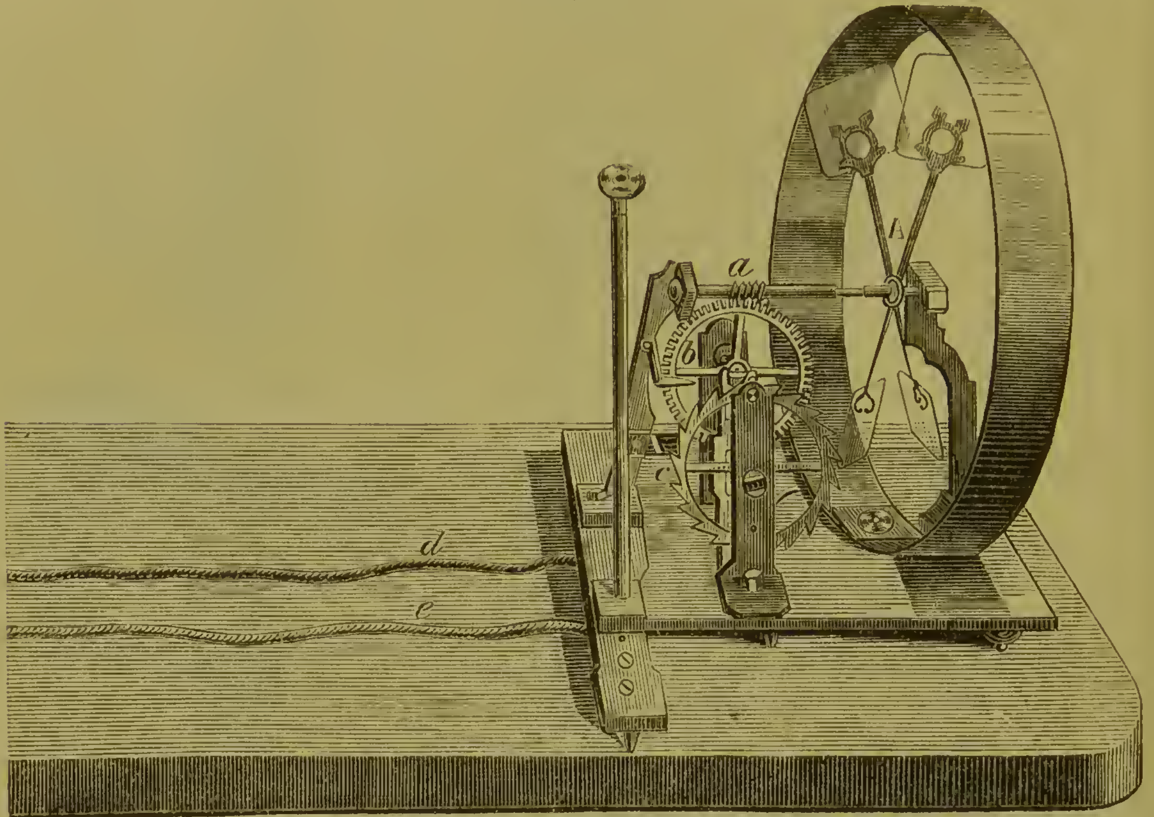
Gegen die Anwendung der statischen Anemometer[5] hat man vor allem den Einwand erhoben, dass die Beziehung zwischen Winddruck und Windgeschwindigkeit noch so wenig sicher bekannt ist, dass leicht Fehler von 10% dabei unterlaufen können. — Ausserdem bekommt man mit ihnen immer nur momentane Werthe. — Daher werden jetzt mit Vorliebe dynamische Instrumente zur Bestimmung der Windgeschwindigkeit benutzt.

Dynamische Anemometer.

Unter den vielen derartigen Anemometern haben sich diejenigen am besten bewährt, die nach dem Princip des WOLTMANN'schen Flügels construirt sind. Eine Rotationsachse trägt ein System von gegen die Achse geneigten Flügeln oder Schaufeln, die aus dünnen Glimmerplättchen oder aus Aluminium gefertigt sind (A in Fig. 23). Durch eine Gewinde ohne

Ende (a) ist die Achse mit einem als Zählapparat eingerichteten Räderwerk verbunden; die Verbindung ist jedoch keine stabile, sondern sie kann durch eine leichte Seitwärtsbewegung des Zählwerks mittelst der Fäden d und e ausgeschaltet und wieder hergestellt werden. Zum Zweck

Fig. 23.



Anemometer.

der Beobachtung bringt man das Instrument derartig in den bewegten Luftstrom, dass die Achse parallel mit der Bewegungsrichtung, das Flügelrad also senkrecht zu derselben steht. Man lässt — zunächst mit ausgeschaltetem Zählwerk — das Rad in Bewegung kommen, bis muthmaasslich der Beharrungszustand eingetreten ist, rückt nun das Zahlwerk ein und nach Verlauf einer genau gemessenen Zeit wieder aus. Die Zahl der Umdrehungen, die während dieser Zeit Achse und Flügelrad gemacht haben, lässt sich dann an dem Zählwerk direct ablesen.

Formel für die Berechnung der Windgeschwindigkeit aus den Angaben des Anemometers.

Um aus der Zahl der Umdrehungen die Geschwindigkeit des Luftstromes zu erhalten, hat man für jedes Instrument eine besondere Justirungsformel zu benutzen, dieselbe lautet allgemein $v = a + b \cdot n$; in derselben sind a und b Constante, die für jedes Instrument empirisch ermittelt werden müssen; und zwar bedeutet a den Trägheitswiderstand oder die kleinste Geschwindigkeit, welche eine Bewegung der Flügel hervorbringen kann; b trägt den Reibungswiderständen Rechnung und ist mit n, der Anzahl der Umdrehungen pro Secunde, zu multipliciren. Ist z. B. einem gekauften Anemometer die Justirungsformel $v = 0{,}4 + 0{,}143 \cdot n$ beigegeben, und man hat in einem Luftstrome 100 Umdrehungen des

ades während einer Secunde beobachtet, so würde die Geschwindigkeit lieses Luftstromes $v = 0{,}4 + 0{,}143 \,.\, 100 = 14{,}7$ m pro Secunde betragen aben.

Aichung der Anemometer.

Die Feststellung der Constanten a und b erfolgt entweder dadurch, dass man uftströme von bekannter Geschwindigkeit, z. B. durch Wassermotoren erzeugt, auf as Instrument wirken lässt; oder dadurch, dass man Wegstrecken von gemessener änge innerhalb bestimmter Zeit mit dem Anemometer zurücklegt und so also eine ekannte Geschwindigkeit der Bewegung herstellt; dabei beobachtet man dann, wie iel Umdrehungen des Flügelrades den verschiedenen Geschwindigkeiten entsprechen. Jm in ruhender Luft das Instrument mit gemessener Geschwindigkeit fortzubewegen, ann man entweder einen langen windstillen Corridor entlang gehen, oder nach Vild's Vorgang auf Locomotiven, die bekannte Entfernungen in bestimmter Zeit urücklegen, die Beobachtungen des Anemometers vornehmen; oder endlich, einen eeigneten Rotationsapparat construiren, auf dessen horizontalem Arme man das nemometer befestigt, so dass es sich in einem grösseren Kreise von bekanntem Jmfange bewegt. — Man hat alsdann eine grosse Anzahl von Bestimmungen bei erschiedenen Geschwindigkeiten zu machen; die am Zählapparat beobachteten ahlen werden in einem rechtwinkligen Coordinatensystem als Abscissen, die corespondirenden Geschwindigkeiten als Ordinaten aufgetragen und durch Probiren vird untersucht, welche gesetzmässige Linie für die durch die Endpunkte der rdinaten gelegte irreguläre Curve substituirt werden kann. In erster grober Anäherung ist $b = \text{tang.}\ \alpha$, wenn α den Neigungswinkel der Flügelebenen gegen eine ur Rotationsachse senkrechte Ebene bezeichnet. — Das sicherste Verfahren zur ustirung scheint die von Combes empfohlene Methode der Drehung des Instrumentes n einem Kreise zu sein; doch ist, namentlich bei grösseren Geschwindigkeiten, wohl u berücksichtigen, dass durch die Drehung eine Mitbewegung der Luft im Zimmer intritt, und es muss daher dieser vom Apparat erzeugte Mitwind womöglich in echnung gezogen werden. — Bei höheren Geschwindigkeiten geht ausserdem die infache Formel in eine solche von der Form $v = a + bn + cn^2$ über. — Eine xacte Justirung ist daher immerhin mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden. —

Besondere Formen von Anemometern.

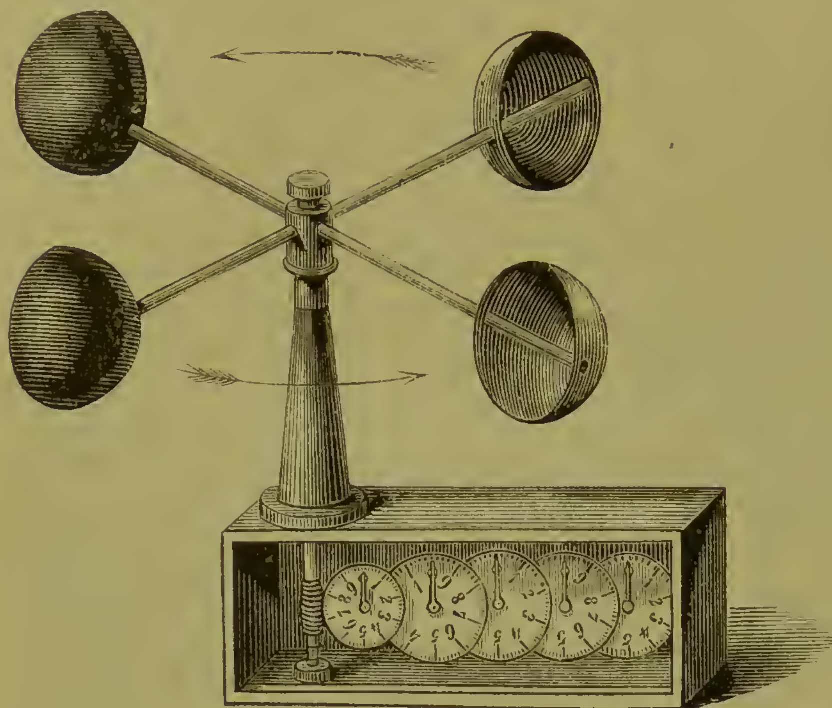
Die Abbildung zeigt ein Anemometer von der Form, wie es nach Combes' Angabe von Neumann in Paris gefertigt ist. — Neuerdings hat Recknagel dynamische Anemometer construirt, die sich besonders durch ihren geringen Durchmesser (6 cm) auszeichnen. — Morin benutzte bei seinen ausgedehnten Versuchen 3 Apparate; der eine, nach Combes' Angabe, wird schon bei einer Geschwindigkeit von 0,12 m pro Secunde in Bewegung gesetzt und dient zur Messung geringer Geschwindigkeiten bis zu 4 m pro Secunde; das zweite Anemometer ist nach Morin's Angaben von Bianchi construirt, gestattet die Beobachtung während eines längeren Zeitraumes und bei Geschwindigkeiten bis zu 30 m pro Secunde; drittens ist für die Beobachtung während sehr langer Zeiträume das anemomètre totalisateur bestimmt, welches mit einem electrischen Zähler verbunden ist.[6]

Robinson's Schaalenkreuz-Anemometer.

Speciell für den Gebrauch an meteorologischen Stationen dient das Robinson'sche Schaalenkreuz-Anemometer. Dasselbe beruht auf dem Satze, dass die Wirkung des Windes sich erheblich stärker äussert an einer concaven, hohlen Fläche, als an einer convexen, gewölbten. Am oberen Ende einer verticalen Achse befindet sich ein ho-

rizontales Kreuz, dessen 4 gleich lange Arme am Ende je eine Halbkugel aus dünnem Messingblech tragen; dieselben sind so gestellt, dass ihre Schnittebenen vertical stehen und dass alle ihre Wölbung nach derselben Seite hin kehren. Das Kreuz dreht sich mit der verticalen Achse. — Weht der Wind von irgend einer Richtung her, so wird er immer auf der einen Seite der ihm gegenüberstehenden Achse eine Halbkugel treffen, die ihm ihre hohle Seite zuwendet, während am anderen Ende derselben Achse die gewölbte Fläche einer Halbkugel getroffen wird; und da der Wind auf die hohle Seite mit grösserer Kraft wirkt, wird das ganze Kreuz derart in eine drehende Bewegung gesetzt, dass die gewölbte Seite der Kugeln vorangeht. Diese Bewegung wird dann mittelst zweier Schrauben ohne Ende und mehrerer Zahnräder auf einen Zählapparat übertragen, welcher den zurückgelegten Weg des Windes in Kilometern direct abzulesen gestattet, oder genauer genommen, zunächst nur den Weg, den die Mittelpunkte der Schaalen durchlaufen.

Fig. 24.



Robinson's Schaalenkreuz.

Berechnung der Windgeschwindigkeit aus den Angaben des Schaalenkreuz-Anemometers.

Der letztere ist nämlich nicht etwa identisch mit der Windgeschwindigkeit; sondern die Zahl der in einer gewissen Zeit erfolgten Umdrehungen des Schaalenkreuzes ist nur dieser proportional, da die Ursache der Bewegung des Schaslenkreuzes in einer Differenz von Kräften zu suchen ist, die der Wind auf dasselbe ausübt. Will man aus dem von den Halbkugeln durchlaufenen Wege auf die von dem Winde zurückgelegte Strecke zurückrechnen, so hat man die abgelesene Zahl von Kilometern noch mit einem Coëfficienten zu multipliciren, der eigentlich für jedes Instrument gesondert bestimmt werden muss, ohne erheblichen Fehler aber auch im Durchschnitt zu 2,553 angenommen werden kann. — Dieser Coëfficient lässt sich auch bei der Graduirung des Zählwerkes mit berücksichtigen, so dass alsdann direct die geradlinig vom Winde zurückgelegte Strecke in Kilometern abgelesen wird. — Gewöhnlich dreimal täglich notirt man den Stand des Zählwerkes und die Zeit; die Differenz der Zählwerkablesungen dividirt durch die Stundenzahl, die zwischen 2 Beobachtungen lag, giebt dann die durchschnittliche oder mittlere Geschwindigkeit des Windes während jener Beobachtungsperiode in Kilometer pro Stunde; will man lieber die Angaben in Meter

pro Secunde machen, so hat man die erhaltene Zahl noch mit $\frac{1000}{3600} = \frac{5}{18}$ zu multipliciren.[7]

Leider sind alle diese anscheinend exacten, für die Bestimmung der Windgeschwindigkeit construirten Instrumente nicht geeignet, fehlerfreie Resultate zu liefern und unterliegen daher meist einer ungünstigen Beurtheilung seitens der Meteorologen. Den statischen Instrumenten ist der Vorwurf zu machen, dass aus ihren Angaben zwar der momentane Druck des Windes, nicht aber dessen Geschwindigkeit mit Sicherheit zu entnehmen ist, und dass sich aus ihren Aufzeichnungen eigentlich kein Integral für die Windbewegung gewinnen lässt. Bei den dynamischen Anemometern stört die Unsicherheit der Justirung ihre Verlässlichkeit; vermeidet man die hier möglichen Fehler durch sorgfältigste Construction der Aichungsapparate, so ist dennoch einzuwenden, dass kleine Verschiedenheiten der Einrichtung und namentlich der Dimensionen der Anemometer die Vergleichbarkeit ihrer Angaben eigentlich hindern. Dazu kommt, dass die Aufstellung der Apparate, die mehr oder weniger freie Lage des Observatoriums, ausserordentlich grosse Differenzen bedingen können, so dass eine übereinstimmende Art der Beobachtung an verschiedenen meteorologischen Stationen schwer durchführbar ist.[8] Fehler der Anemometer.

Freilich ist das hygienische Interesse an solchen örtlichen Vergleichungen der Windstärke nicht so hervorragend, während die zeitlichen Schwankungen an ein- und demselben Orte viel mehr unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen müssen. Die Bedeutung, welche verschiedene Grade der Luftbewegung für unser Wohlbefinden haben, ist eine sehr mannigfaltige. Abgesehen von den Extremen, die unmittelbar Gefährdung von Menschenleben verursachen können, und abgesehen von den Fällen, wo Luftströmungen als Transportmittel inficirender Keime, z. B. der Malaria, dienen, hat die Bewegung der Atmosphäre den grössten Einfluss auf die Beschaffenheit der Luft in unseren Wohnungen, auf die Entfernung der Respirationsproducte und auf die Regulirung unserer Eigenwärme. Bei der Besprechung der Strassenanlagen, des Hausbaues, der Eintheilung des Hauses und der natürlichen und künstlichen Ventilation wird daher noch oft Gelegenheit gegeben sein, auf die Wirkung der Winde und die Nothwendigkeit einer methodischen Beobachtung derselben zurückzukommen. Hygienische Bedeutung der Messung der Windstärke.

Literatur. 1) Tarry, Compt. rend. Bd. 77, p. 1117. — 2) A. Mühry, Zeitschrift f. Meteorol. 1872, p. 213. 1874, p. 34. — 3) Vgl. Lang & Wolffhügel, Z. f. Biol. Bd. 12, p. 568. — 4) Scott, Ueber die Beziehung zwischen der geschätzten Windstärke und der Windgeschwindigkeit. Z. f. Meteorol. Bd. 9 (1874), p. 158. — 5) Osler, Rep. of the British Assiociation for 1839. — Cator, Proc. of the Brit. Meteorol. Soc. III, 49. — Pickering, Philos. Transact. 43. 473. — Oertel, Gotha'sches Magazin VI, 1. 89. — Herrmann, Mechanischer verbesserter Windmesser, Freiberg und Annaberg 1789. — G. G. Schmidt, Pogg. Ann. Bd. 14, 59. — Kreil, Entwurf eines meteorol. Beobachtungssystems, Wien 1850. — Wolpert, Theorie und Praxis der Ventilation etc. 2. Aufl. Braunschweig 1879. p. 246. — Lind, Philos. Transact. Bd. 45, 353. — Wild, Windfahne mit einfachem Windstärkemesser, Carl's Repert. 1876, p. 118. — G. Lübeck, Reduction der Angaben der Windstärkemesser

auf Windgeschwindigkeiten, Carl's Repert. 1874, p. 201. Bemerkungen dazu von H. Wild, ibid. p. 292. — 6) Woltmann, Theorie und Gebrauch des Hydrometerflügels, Hamburg 1790; 2. Aufl. 1835. — Combes, Annales des Mines 3. sér. Bd. 13 (1838). — Crelle, Theorie des Windstosses in der Anwendung auf Windflügel etc. Berlin 1802. — Debnil, Dt. Industrieztg. 1869, p. 348. — Vgl. auch: Weiss, Allgemeine Theorie der Feuerungsanlagen, Leipzig 1862, p. 401. — Morin, Compt. rend. Bd. 34, p. 615. — Degen, Praktisches Handbuch für Einrichtungen der Ventilation und Heizung, München 1878 (bearbeitet nach Morin, manuel du chauffage et de la ventilation), p. 11. — Lang & Wolffhügel, Z. f. Biol. Bd. 12, p. 577. — 7) Robinson, Transact. of the Roy. Irish Academy, 22, 3. (1850). — und Proceed of the Roy. Irish Acad. 1876, Jan. — referirt in Zeitschr. f. Meteor. 1876, p. 257. — Dohrandt, Repert. f. Meteor. IV, 5, Petersburg 1874. — 8) H. Wild, Ueber den gegenwärtigen Zustand der Anemometer und über Anemometer-Verification. Carl's Repert. 1877, p. 486. — Stow, Vergl. Beobachtungen mit Anemometern von verschiedenen Dimensionen, Quart. Journ. of the met. soc. I, 41.

IV. Bestimmung der Luftfeuchtigkeit.

Bestimmung des Wasserdampfs der Luft.

Das Wasser kommt in der Atmosphäre in Dampfform, in Form von Dunstbläschen und als flüssiger oder fester Niederschlag vor. Vom hygienischen Standpunkte aus hat vor allem der dampfförmige Wassergehalt der Atmosphäre Bedeutung.

Spannung, Druck des Wasserdampfs.

Der Wasserdampf bildet sich durch die Verdunstung des Wassers und diese wird hervorgerufen durch das dem Wasser, wie jeder Flüssigkeit innewohnende Bestreben, sich in Dampf zu verwandeln. Die Intensität dieses Bestrebens hängt ausser von der Natur der Flüssigkeit lediglich von deren Temperatur ab und demgemäss geht auch die Verdunstung proportional der Temperatur vor sich. Ist der Raum über der Flüssigkeit begrenzt, so wird das dampfförmig gewordene Wasser wie alle Gase auf die Begrenzungen des Raumes einen Druck (= Spannung, Tension) ausüben; dieser Druck muss der Energie der Verdunstung proportional zunehmen, und wird folglich ebenfalls lediglich abhängen von der Temperatur.

Maximum der Spannung.

Der Wasserdampf ist kein permanentes Gas, sondern ein bestimmter Raum kann bei bestimmter Temperatur nur eine gewisse Menge Wasserdampf aufnehmen; wird mehr hineingepresst oder sinkt die Temperatur, so tritt Condensation, Verdichtung zu Wasser, ein. — Es muss daher für jede Temperatur ein Maximum des Druckes oder der Spannung des Wasserdampfs geben; bis dieses erreicht ist, kann noch mehr Dampf sich bilden und den Druck vermehren, sobald es aber erreicht ist, hört jede weitere Verdunstung auf und der Druck kann nicht weiter zunehmen, ausser wenn Temperaturerhöhung eintritt und von neuem Verdunstung ermöglicht.

Maass des Wasserdampfs. Druck in Millimeter Quecksilber.

Der Druck, welchen der Wasserdampf gegen seine Umgebung ausübt, lässt sich messen durch die Höhe derjenigen Quecksilbersäule, deren Gewicht diesem Druck das Gleichgewicht hält. Man giebt nun gewöhnlich nur diesen Druck in Millimeter Quecksilber an, wenn man die Menge des in irgend einem Raume

enthaltenen Wasserdampfs bezeichnen will. (So messen wir mittelst des Barometers nicht allein den Druck der Luft, sondern auch den des Wasserdampfs der Atmosphäre und drücken auch hier die Menge desselben in Millimeter Quecksilber aus; der Antheil, den der Wasserdampf am Barometerstande hat, beträgt meist 10—20 mm.)

Aus solchen Angaben des Druckes ist dann aber, sobald die Temperatur bekannt ist, leicht auch Gewichts- und Volummenge des Wasserdampfs zu berechnen, ohne dass es der Ausführung einer directen Wägung bedarf. — Da nämlich das specifische Gewicht des Wasserdampfs, d. h. das Verhältniss eines gegebenen Volums Dampf bei bestimmtem Drucke und bestimmter Temperatur zu dem Gewicht eines unter gleichen Verhältnissen stehenden Volums Luft, eine constante Grösse ist, so braucht man nur das Luftgewicht festzustellen, welches einem gegebenen Druck und einer gegebenen Temperatur entspricht; dieses mit dem spec. Gewicht des Wasserdampfs multiplicirt, lässt sofort die Gewichtsmenge des Wasserdampfs finden, welche jenen Druck ausübt. Das Gewicht der Luft für verschiedenen Druck und Temperatur ist nun zu berechnen nach der Gleichung: Berechnung der Gewichts- und Volummenge des Wasserdampfs aus seinem Druck.

$$s = 1293 \cdot \frac{1}{1 + \alpha t} \cdot \frac{p}{760},$$

worin 1293 das Gewicht von 1 l Luft bei 0° und 760 mm Barometerstand in Milligramm bezeichnet; α bedeutet den Ausdehnungscoëfficienten der Luft für 1° und dieser ist = 0,00367; t = die Anzahl der Temperaturgrade, p = den Barometerstand. — Das so erhaltene Luftgewicht ist dann mit 0,623, dem specifischen Gewicht des Wasserdampfs zu multipliciren. (Vgl. pag. 139.) — Ist die Spannung des Wasserdampfs z. B. 17,39 mm Quecksilber und die Temperatur 20°, so ist das Gewicht von 1 l Wasserdampf = 17 mgr; denn:

$$s = 1293 \cdot \frac{1}{1 + 20 \cdot 0{,}00367} \cdot \frac{17 \cdot 39}{760} \cdot 0{,}623 = 17{,}2.$$

Man sieht, dass die Zahl für das Gewicht in Milligramm pro Liter sehr nahe übereinstimmt mit der Zahl, die den Druck in Millimeter angiebt; dies wird fast immer der Fall sein, da in obiger Gleichung die Werthe des Zählers und des Nenners ohne den Werth für p, also $\frac{1293 \times 0{,}623}{(1 + \alpha t) \times 760}$, stets einen Bruch darstellen, der nahezu = 1 ist; man kann daher in den meisten Fällen einfach mit der Annahme auskommen, dass für jeden Millimeter Zunahme der Spannung das Gewicht von 1 l Wasserdampf um 1 mgr (von 1 C.-M. um 1 gr) steigt. — Eine Zusammenstellung der Zahlen für Druck und Gewicht des Wasserdampfs giebt Tabelle X. — Zur Erleichterung der Berechnungen dient deren vierte Columne, welche die Werthe des Bruches: $\frac{1293 \times 0{,}623}{(1 + \alpha t)\, 760}$ für die verschiedenen Temperaturgrade enthält.

Aus dem Gewicht ist natürlich auch leicht dasjenige Volumen zu berechnen, welches der in 1 l oder 1 C.-M. Raum enthaltene Wasserdampf einnehmen würde, wenn er unter anderem Drucke stände, z. B. unter demselben Drucke wie die atmosphärische Luft, = 760 mm Quecksilber. Zu dem Zwecke hat man nur das gefundene Gewicht des Wasserdampfs, der 1 l Raum einnimmt, durch das Gewicht zu dividiren, welches 1 l Wasserdampf bei dem Druck der Atmosphäre hat; und letzteres findet man wie oben, indem man das Gewicht der unter gleichen Verhältnissen befindlichen Luft mit 0,623 multiplicirt. So ist der Divisor für 0° und 760 mm = 1293 × 0,623 = 0,805; für 20° und 760 mm = 1,293 × $\frac{1}{1 + 20 \cdot 0{,}00367}$ × 0,623 = 0,7057; demnach sind enthalten in 1 cm Raum, der + 20° Temperatur hat und Hilfstabellen.

in dem die Wasserdampfspannung 17,39 mm Quecksilber beträgt, = 17,1 gr Wasserdampf und $\frac{17,1}{0,7057}$ = 22,8 l Wasserdampf unter Atmosphärendruck.*

Verhalten des Wasserdampfs in der Luft.

Luft und Wasserdampf durchdringen sich, wie alle Gase, sehr vollkommen; jeder Cubikmeter Raum, der beide Gase enthält, ist gleichmässig mit Luft und Wasserdampf erfüllt. Wenn völliger Ausgleich stattgefunden hat, kann keines der beiden Gase auf einander einen Druck ausüben, jedes verhält sich dem anderen gegenüber wie leerer Raum und somit müsste man eigentlich die Existenz zweier von einander ganz unabhängiger Atmosphären annehmen. In der That haben frühere Beobachter vielfach beide Atmosphären gesondert betrachtet; man hat den Druck, der von der Wasserdampfatmosphäre ausgeübt wird, vom Barometerstande in Abzug gebracht und hat den restirenden Druck der trockenen Luft als vorzugsweise geeignet angesehen, um das Verhalten der Luftatmosphäre zu erkennen. — Neuerdings ist aber mit Recht darauf hingewiesen, dass das Dalton'sche Gesetz wohl für den Gleichgewichtszustand der Gase gilt, nicht aber für Bewegungsvorgänge. Ein Gas, plötzlich durch Evaporation in ein anderes gebracht, übt mechanisch einen Druck auf dieses aus; für jedes Entweichen von Wasserdampf durch Condensation tritt eine entsprechende Menge Luft an die Stelle; in Bewegung begriffene Luft reisst auch die Wasserdämpfe mit fort; in der Atmosphäre wird daher niemals ein Gleichgewichtszustand vorhanden sein, sondern es müssen fortwährende Druckäusserungen zwischen beiden Gasen stattfinden. Dass keine besondere Dampfatmosphäre existirt, wird auch schon dadurch bewiesen, dass der Dunstdruck mit der Höhe sehr viel rascher abnimmt, als es beim Bestehen einer solchen der Fall sein müsste. Somit hat ein für trockene Luft corrigirter Barometerstand nur engste locale Bedeutung und kann innerhalb kleiner Distanzen erheblich variiren.[1]

Sättigung der Luft.

Man bezeichnet das Verhältniss beider Gasarten gewöhnlich in der Weise, dass man von einem Gehalt der Luft an Wasserdampf spricht; und man benutzt als Maass für diesen Gehalt wiederum die Spannung des Wasserdampfes in Millimeter Quecksilber.

Thaupunkt.

— Hat der Wasserdampf für irgend eine Temperatur das Maximum seiner Spannung erreicht, so nennt man die Luft mit Wasserdampf gesättigt. In einem solchen Falle muss jede noch so geringe Erniedrigung der Temperatur Condensation veranlassen; die Lufttemperatur ist dann also identisch mit dem sog. Thaupunkt, bei welchem Verdichtung, Thaubildung, eintreten muss. — Meist aber ist das Maximum der Spannung für die Lufttemperatur nicht erreicht, die Luft ist ungesättigt; alsdann würde der Druck des Wasserdampfs, ohne dass Condensation eintreten müsste, noch grösser sein können und der Thaupunkt liegt tiefer als die Lufttemperatur. So kann es vorkommen, dass die Luft nur zur Hälfte oder zu $^2/_3$ oder zu irgend einem anderen Bruchtheil gesättigt ist; man drückt diesen Bruchtheil in Procenten aus und bezeichnet also eine gesättigte Luft als eine solche mit 100 % Feuchtigkeit, eine Luft, die nur zur Hälfte mit Wasserdampf gesättigt ist, als Luft von 50 % Feuchtigkeit etc. Dadurch gewinnt man einen Ausdruck für die

Relative Feuchtigkeit.

„relative Feuchtigkeit" der Luft, die also den momentanen Feuchtigkeitsgehalt in Procenten derjenigen Wasserdampfmenge angiebt, welche die Luft enthalten würde, wenn sie mit Wasserdampf gesättigt wäre, d. h. wenn der Wasserdampf das der Lufttemperatur entsprechende Maximum der Spannung hätte. — Auch aus der relativen Feuchtigkeit ist die absolute Menge des Wasserdampfs leicht zu

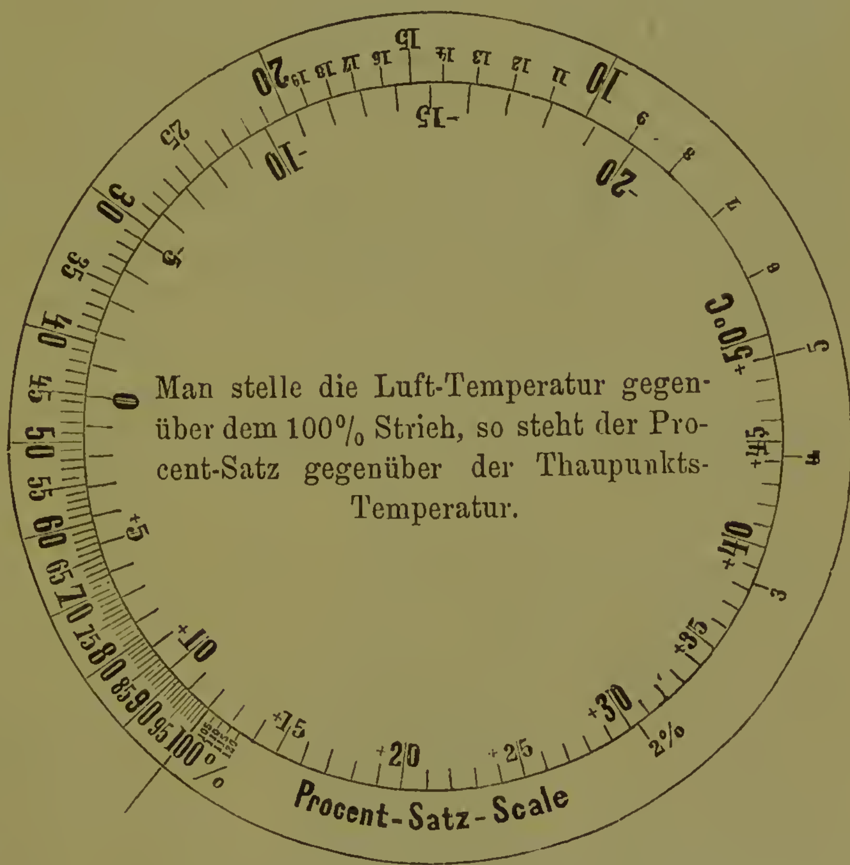
* Ueber einige Correctionen der angegebenen Berechnung s. Dibbits, in Zeitschr. f. anal. Ch. Bd. 15. p. 135. —

Berechnung des Thaupunk's aus der relativen Feuchtigkeit, mittelst Tabellen.

berechnen, sobald noch die Lufttemperatur gegeben ist. Beträgt letztere z. B. + 20° und die relative Feuchtigkeit ist 60 %, so ist die Spannung des Wasserdampfs nicht 17,39 mm, wie sie sein würde, wenn jene Luft von 20° gesättigt wäre, sondern nur $\frac{60}{100}$ davon, also = 10,43 mm; oder in Gewichtsmengen ausgedrückt: $\frac{60}{100}$ × 17,1 gr = 10,26 gr. — Daraus ist dann ferner leicht der Thaupunkt zu finden. Es ist einfach derjenige Temperaturgrad, bei welchem die vorhandene Wasserdampfmenge von 10,43 mm Spannung sich im Maximum der Spannung befindet, so dass die geringste weitere Temperaturerniedrigung Condensation veranlassen muss; in Tabelle IX, unter der Ueberschrift „Spannungstafel", sind die Spannungsmaxima, die verschiedenen Temperaturen zukommen, von Zehntel- zu Zehntelgrad verzeichnet und man kann hier also aus der gefundenen absoluten Feuchtigkeit die Thaupunktstemperatur ablesen und umgekehrt; in dem gegebenen Beispiele würde der Thaupunkt etwa bei 12° liegen. — Sehr bequem ist die Auffindung des Thaupunktes aus der relativen Feuchtigkeit mittelst der in Figur 25 abgebildeten Reductionsscheibe. Dieselbe wird den Klinkerfues'schen Hygrometern, einem Instrument, welches die jeweilige relative Feuchtigkeit der Luft anzeigt (s. unten), beigegeben, und besteht aus zwei übereinander liegenden Scheiben, einer unteren grösseren und oberen kleineren, von denen die letztere sich auf der unteren drehen lässt. Auf der Peripherie der kleineren Scheibe sind die Logarithmen des Maximalgehalts an Wasserdampf für die verschiedenen Temperaturen aufgetragen und mit den Temperaturgraden (nach Celsius) bezeichnet. Auf der Peripherie der grösseren Scheibe sind die Logarithmen von $\frac{100}{p}$, wenn p die Feuchtigkeitsprocente bedeutet, aufgetragen und mit dem Procentsatz bezeichnet. Den Maximalgehalt der Thaupunktstemperatur findet man nun, indem man denjenigen der Lufttemperatur mit $\frac{p}{100}$ multiplicirt oder durch $\frac{100}{p}$ dividirt; folglich kommen, wenn der 100 %-Strich der äusseren Theilung mit dem Strich der Lufttemperatur auf der inneren Theilung

mittelst der Klinkerfues'schen Reductionsscheibe.

Fig. 25.



Klinkerfues'sche Reductionsscheibe.

zusammenfällt, gleichzeitig auch die Striche für die relative Feuchtigkeit und für die Thaupunktstemperatur in Coïncidenz. — In Fig. 25 ist z. B. eine Lufttemperatur von 12° angenommen und dem 100%-Strich gegenübergestellt; hat nun das Hygrometer eine relative Feuchtigkeit von 65% angezeigt, so ist der Thaupunkt, welcher der Ziffer 65 gegenübersteht, = 5,6°. Zu diesem ergiebt sich aus der Tabelle X eine absolute Feuchtigkeit von 6,8 mm. —

Uebersicht der Methoden zur Messung der Luftfeuchtigkeit.

Die Methoden, die zur Messung des Feuchtigkeitsgehalts der Luft dienen sollen, sind äusserst zahlreich und auf so verschiedene Principien gegründet, dass zur Orientirung folgende kurze Zusammenstellung derselben vorausgeschickt werden mag: 1) Absorption des Wasserdampfs durch Kobaltsalze und Beobachtung der dadurch entstehenden Farbeveränderung. 2) Absorption durch gewisse hygroskopische Substanzen; darauf entweder Wägung derselben, oder Bestimmung der Gewichtszunahme mit dem Aräometer, oder Messung der durch die Absorption hervorgebrachten Volumverminderung. 3) Absorption durch Haare und Beobachtung der dabei erfolgten Längenausdehnung derselben. 4) Absorption durch gewisse Pflanzenfasern, die dann eine verschieden starke Krümmung erfahren. 5) Künstliche Abkühlung der Luft bis zum Eintritt der Condensation; Beobachtung des Thaupunkts. 6) Bestimmung der durch Wasserverdunstung entstehenden Temperaturerniedrigung. 7) Bestimmung der Erwärmung durch Condensation und Absorption des Wasserdampfs. 8) Messung des in der Zeiteinheit verdunsteten Wassers.

1) Kobaltsalze.

1) Absorption durch Kobaltsalze. Kobaltchlorür ($CoCl_2$) krystallisirt in rothen Krystallen, die 6 Mol. Krystallwasser enthalten (= $CoCl_2 + 6H_2O$); dieses Wasser kann denselben sehr leicht z. B. durch Erwärmung entzogen werden, und alsdann tritt blaue Färbung auf; beim Erkalten und Liegen in feuchter Luft wird dagegen wieder Wasser aufgenommen und die hellrothe Farbe stellt sich wieder her. Diese Eigenschaften, welche auf Papier oder Zeug eingetrocknete Lösungen des Salzes in demselben Grade zeigen, haben früher zur Verwendung des Kobaltchlorürs bei der Herstellung der sog. sympathetischen Dinte und der Wunderbilder geführt;

Wetterblumen.

neuerdings benutzt man sie zur Anfertigung sog. „Wetterblumen", die nach Smith's Vorschlag aus einem mit concentrirter Lösung von Kobaltchlorür und etwas Gummi getränktem Papier bestehen. Wolpert empfiehlt, sie mit einer empirisch hergestellten Farbenscala zu vergleichen und dadurch eine ungefähre Schätzung des Feuchtigkeitsgehalts zu gewinnen. Die Zwischenfarbe zwischen dem feuchten Roth und dem trockenen Blau ist nicht violett, sondern mehr grauweiss. — Für wissenschaftliche Untersuchungen lässt sich die Methode nicht verwerthen.[2] —

2) Wägung des absorbirten Wasserdampfs.

2) Bestimmung der durch hygroskopische Substanzen absorbirten Wasserdampfmenge. — Die genaueste der auf dieses

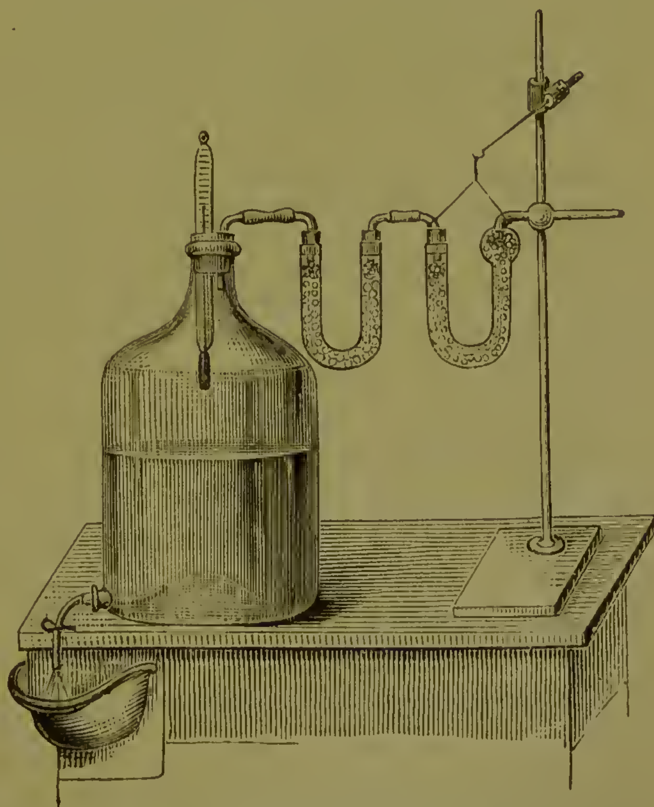
Methoden von Brunner, Regnault.

Princip gegründeten Methoden ist diejenige, bei der man eine gemessene Menge Luft über hygroskopische Substanzen streichen lässt, welche man vor und nach dem Versuch auf einer feinen Waage wägt. — Als Material für die vollständige Absorption des Wasserdampfs benutzt man am besten concentrirte Schwefelsäure. Mit derselben werden kleine Stücke

von Bimsstein oder Asbest getränkt und dann in U-förmig gebogene Glasrohre (Fig. 26) eingefüllt; die Stücke dürfen nicht so viel Schwefelsäure enthalten, dass diese sich später als Flüssigkeitsschicht ansammeln und den Durchgang der Luft erschweren kann. — Wo es nicht auf grosse Genauigkeit ankommt, lässt sich auch Chlorcalcium als absorbirende Substanz benutzen; letzteres krystallisirt mit sechs Molekülen Wasser ($CaCl_2 + 6\,H_2O$); wird dies Wasser durch Erhitzen ausgetrieben, so entsteht eine poröse weisse Masse, die auch geschmolzen werden kann und dann durchscheinend wird. Das wasserfreie Salz zieht mit grosser Begierde Feuchtigkeit an; jedoch ist es nicht im Stande, allen Wasserdampf der Luft aufzunehmen, namentlich sobald Temperaturdifferenzen zwischen dieser und den Absorptionsröhren bestehen. PETTENKOFER fand, dass Luft, welche Chlorcalcium passirt hat, immer noch etwas Wasser an Schwefelsäure abgiebt; nach FRESENIUS lässt allerdings auch diese noch äusserst geringe Spuren von Feuchtigkeit in der Luft zurück, die derselben erst durch Phosphorsäureanhydrid entzogen werden.[3] Material zur Absorption des Wasserdampfs.

Um möglichste Sicherheit zu erzielen, stellt man gewöhnlich 2—3 Röhren mit Schwefelsäure hintereinander auf und verbindet sie durch kurze Stücke Kautschuckschlauch. Die Apparate werden vor und nach dem Durchleiten der Luft gewogen, und zwar auf einer feinen chemischen Waage, da es sich bei circa 10 Liter Luft nur um etwa 1 dgr Wasserdampf handeln kann; die Gewichtsdifferenz ergiebt dann unmittelbar die Menge der vorhandenen Feuchtigkeit. — Um aus dieser absoluten Zahl aber den Feuchtigkeitsgehalt der Luft zu finden, muss noch das Luftquantum genau gemessen werden, welches jene Menge Wasserdampf enthalten hat. Dazu dient ein Aspirator, den man sich am einfachsten herstellen kann durch irgend eine Glasflasche, die unten eine Ausflussöffnung hat (s. Fig. 26). Oben ist dieselbe mit einem Kork verschlossen, den ein kurzes Glasrohr durchbohrt, und dieses Versuchsanordnung.

Fig. 26.



Wasserdampfbestimmung durch Absorption und Wägung.

wird mit den Absorptionsröhren verbunden. In einer zweiten Bohrung des Korks steckt ein Thermometer. An der unteren Oeffnung befindet sich ein Ansatz von Glasrohr und Kautschuckschlauch und an letzterem eine Klemmschraube, die zur Regulirung und zum Abschluss des Ausflusses dient. Füllt man diese Flasche mit Wasser und dichtet dann alle Verschlüsse auf das sorgfältigste, so kann, wenn man nun den Auslauf öffnet, nur durch die Absorptionsröhren Luft in dieselbe eintreten; und zwar wird ein genau so grosses Volumen Luft nachdringen, als vorher durch das ausgeflossene Wasser eingenommen war. Man braucht also nur die Menge dieses Wassers zu messen, um sofort auch ein Maass der Luft zu haben, welche den Apparat passirt hat.

Messung des aspirirten Luftvolums.

Das Volumen des ausgeflossenen Wassers lässt sich entweder durch Auffangen in graduirten Gefässen oder aber einfacher und genauer durch Wägung ermitteln, indem man das Gewicht des Aspirators vor und nach dem Versuch feststellt. Dazu ist eine grobe Waage, selbst eine Decimalwaage, vollkommen ausreichend, da man gewöhnlich nicht unter 5 Liter Wasser ausfliessen lässt und ein Fehler von 5 gr also erst $^1/_{1000}$ des ganzen Gewichts ausmacht. Hat das Wasser sehr hohe Temperatur, so ist ausserd m zu berücksichtigen, dass nur bei + 4° Cels. 1 gr Wasser 1cc Volumen hat, bei anderer Temperatur aber einen grösseren Raum einnimmt. Während somit in der Nähe von + 4° die erhaltene Zahl der Gramme direct auch die Anzahl der Cubikcentimeter ergiebt, muss bei sehr abweichender Temperatur das Resultat der Wägung noch mit einem Factor multiplicirt werden, der der stärkeren Ausdehnung des Wassers Rechnung trägt und aus Tabelle XI zu entnehmen ist. — Geringere Temperaturdifferenzen können unberücksichtigt bleiben; z. B. für + 8° ist das Volumen von 1 gr Wasser = 1,000109 cc; 5000 gr Wasser sind folglich = $5000,_{545}$ cc, so dass also in der Annahme von 5000 cc nur $^1/_{10000}$ Fehler liegen würde. —

Temperatur-Reduction des Luftvolums.

Hat man auf diese Weise genau das Volumen bestimmt, welches im Aspirator vor dem Versuch durch Wasser eingenommen war und welches durch nachströmende Luft wieder ausgefüllt ist, so ist es unter Umständen nöthig, noch eine Reduction vorzunehmen. Es ist nämlich möglich, dass die Luft während des Durchgangs durch den Apparat ihr Volumen verändert hat und im Aspirator einen anderen Raum einnimmt, als ihr vorher zukam. Dies wird der Fall sein, wenn der Aspirator und das Wasser desselben eine andere Temperatur hat, als die zur Untersuchung gelangende Luft. Der Ausdehnungscoëfficient für Luft ist bekanntlich ein ausserordentlich hoher und beträgt für jeden Temperaturgrad $^1/_{273}$ des Volumens; während oben gezeigt wurde, dass derselbe Einfluss beim Wasser meistens vernachlässigt werden kann, bewirkt z. B. eine Temperaturerhöhung von 10°, dass 5000 cc Luft sich ausdehnen auf 5213 cc; denn 5000 (1 + 10 . 0,00367) = 5213. — Es ist also unter allen Umständen die Temperatur der einströmenden Luft zu messen und das im Aspirator gefundene Volum auf diese Temperatur zu reduciren.

Bei sehr genauen Untersuchungen ist eigentlich auch noch das Volum des zur Absorption gelangten Wasserdampfs zu berücksichtigen und dem gemessenen Luftvolum zuzufügen. — Ferner kann bei grösserer Entfernung zwischen Einströmungsöffnung und Aspirator, namentlich in verticaler Richtung, der Einfluss des verschiedenen Luftdrucks eine Correction verlangen.

Durch die angeführten Rechnungen würde nun ermittelt sein, wie viel Gramm

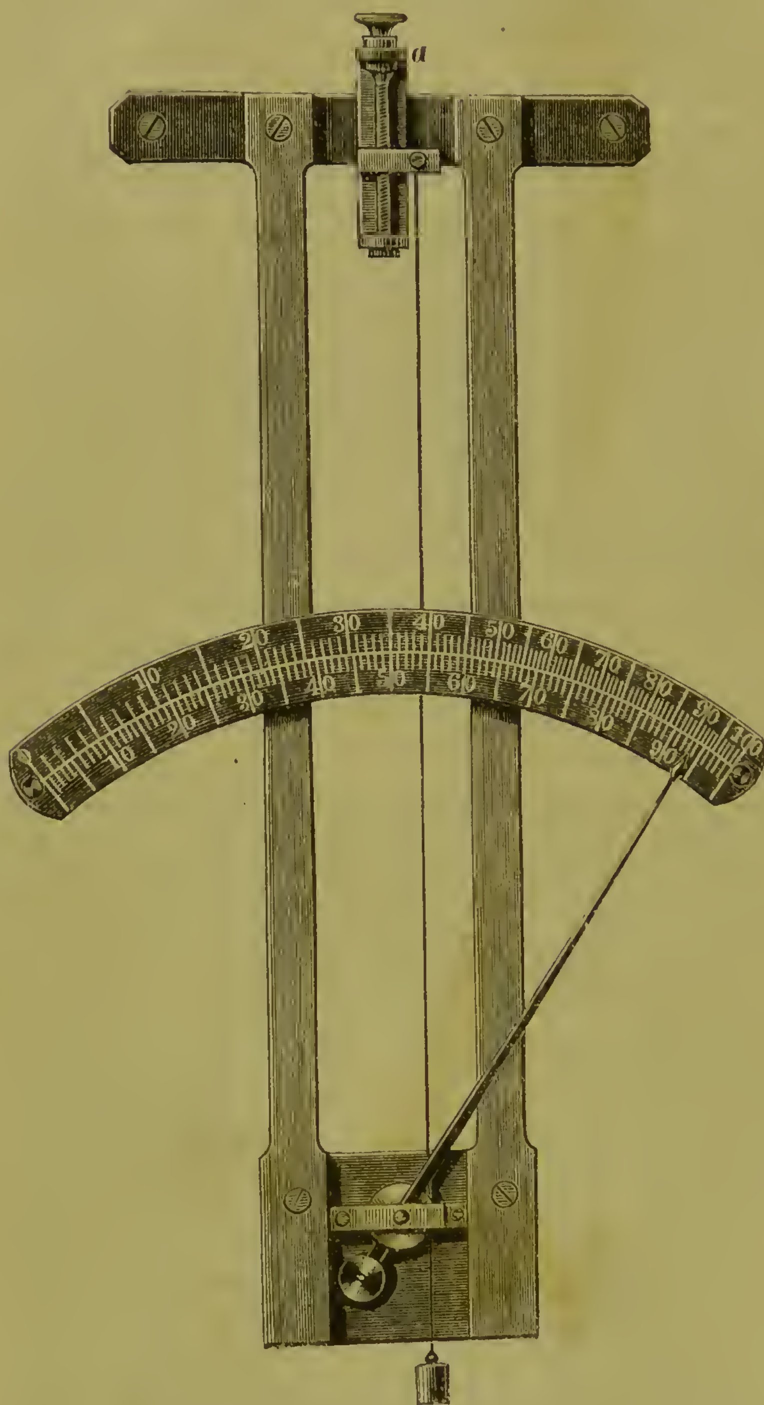
Wasserdampf in 1 Cubikmeter der Untersuchungsluft enthalten sind. Diese Bezeichnungsweise eignet sich aber nicht für vergleichende Analysen; man muss vielmehr suchen den Gehalt der Luft an Wasserdampf in Procenten anzugeben; und zwar kann dies entweder in Gewichtsprocenten geschehen, wo dann die Menge der Luft und die Menge des untersuchten Bestandtheils in Gewichtszahlen ausgedrückt werden; oder aber in Volumprocenten, bei denen beide auf Maasseinheit reducirt sind. Um also aus dem bisher ermittelten Verhältniss von Gewicht zu Volum Procentzahlen zu erhalten, muss entweder das Gewicht des Wasserdampfs in Volum, oder das Maass der Luft in Gewicht verwandelt werden, was mit Hülfe der oben angegebenen Berechnungen resp. Tabellen leicht ausführbar ist. Umrechnung der Resultate in Volumprocente.

Die Ausdrucksweise „Volumprocente" zieht man bei Luftanalysen gewöhnlich vor. Alsdann ist aber wohl zu beachten, dass Gasvolumina nur bei Uebereinstimmung von Temperatur und Druck vergleichbar sind; und dieser Bedingung genügt man dadurch, dass man das Volumen von 0° und 760 mm Druck als Einheit wählt, auf welches dann sowohl die gemessene Luft, wie der Wasserdampf reducirt werden. — Die Umrechnung des Luftvolums im Aspirator auf die Temperatur der Untersuchungsluft wird in diesem Falle überflüssig; man reducirt das gefundene Volum vielmehr gleich auf 0° und 760 mm, verwandelt die in Gramm ausgedrückte Menge des Wasserdampfs ebenfalls in Volum Wasserdampf von 0° und 760 mm Druck und erhält so den Gehalt der Luft an Feuchtigkeit in Volumprocenten.

Die beschriebene Methode ist durchaus genau; leider aber ist sie nur mittelst einer feinen Waage ausführbar, und daher für meteorologische Beobachtung zu umständlich, obwohl REGNAULT sie gerade für diese empfohlen hat. Mehrfache Versuche, die Wägung des Wasserdampfs durch ein anderes Mittel der Messung zu ersetzen, sind von keinem befriedigenden Erfolge gewesen.[4] — BAUMHAUER füllt die mit Schwefelsäure befeuchteten Bimssteinstücke in ein Aräometer, das in Olivenöl schwimmt und an jeder Seite eine Oeffnung besitzt, die einerseits mit einem Aspirator in Verbindung steht, andererseits frei in der Luft mündet; es wird nun eine gewisse Menge Luft durch den Körper des Aräometers gesogen und der Wasserdampf von der Schwefelsäure absorbirt; die dadurch bewirkte Gewichtszunahme veranlasst ein tieferes Einsinken des Instrumentes und diese Bewegung lässt sich an einer Scala messen. — SNELLEN construirte nach demselben Princip einen Apparat, bei welchem ein U-förmig gebogenes Rohr mit der Krümmung nach oben über einer Waagschale aufgehängt wird; auf der letzteren stehen zwei Gefässe mit Olivenöl und in diese tauchen die unteren offenen Enden des Rohres; ein Glasrohr ragt jederseits von aussen in das Olivenöl, biegt dann nach oben um und führt bis über das Niveau des Oels hinaus in je einen Schenkel des U-Rohres hinein, indem es so einerseits die Verbindung zwischen dem einen Schenkel und der Aussenluft, andererseits zwischen Aspirator und dem anderen Schenkel des U-Rohrs herstellt. Letzteres ist wieder mit Bimsstein und Schwefelsäure gefüllt.[5] — Neuerdings ist versucht, die Modifikationen der Methode von Baumhauer, Snellen, Schwackhöfer, Edelmann.

Wasserdampfmenge nicht durch die Gewichtsdifferenz des hygroskopischen Körpers zu bestimmen, sondern die Verminderung des Luftvolums, resp. des Luftdrucks zu messen, die nach der Absorption des Wasserdampfs eintreten muss. Begreiflicherweise gehören dazu aber äusserst empfindliche Apparate und genaue Messungen.[6]

Fig. 27.



Haarhygrometer. Construction von Hermann & Pfister.

Ausser der Umständlichkeit hat man der Methode der Wägung des Wasserdampfs noch den Vorwurf gemacht, dass sie nur den Durchschnittsgehalt der Luft für eine längere Zeit angiebt, aber keine momentane Bestimmung gestattet. Seit langer Zeit hat man daher eine grosse Reihe von Instrumenten construirt, die sämmtlich dazu dienen sollen, mit wenig Mühe und Zeitaufwand den augenblicklichen Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre kennen zu lernen.

3) Haarhygrometer.

3) Die ältesten derartigen Vorrichtungen sind die ursprünglich von Saussure angegebenen Haarhygrometer, welche die relative Feuchtigkeit der Luft in Procenten angeben. Ein durch Aether völlig entfettetes Frauenhaar ist an einem Stativ oben fixirt, unten mehrere Male um eine kleine Rolle geschlungen und dann an seinem herabhängenden Ende mit einem kleinen Gewichte beschwert. Die Rolle trägt einen Zeiger, der auf einer Scala pendelt. Ist die Luft feucht, so absorbirt

das Haar viel Wasserdampf und wird dadurch länger, während es sich in trockener Luft verkürzt; diese Bewegungen übertragen sich auf den Zeiger und sind an der Scala abzulesen. — Der Nullpunkt der letzteren wird dadurch bestimmt, dass man das Instrument in Luft bringt, die durch Schwefelsäure getrocknet ist; den anderen, mit 100 bezeichneten Endpunkt erhält man in einer mit Feuchtigkeit gesättigten Luft. Zwischen diesen beiden Endpunkten ist dann aber die Wasseraufnahme und Längenveränderung des Haares durchaus nicht etwa dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft proportional; sondern man muss noch weiter die einzelnen Hygrometergrade empirisch ermitteln, dadurch dass das Instrument verschiedenen bekannten Sättigungsgraden der Luft ausgesetzt wird; dies gelingt sehr leicht mit Hülfe von Salzlösungen, deren Dampfspannung bekanntlich entsprechend ihrer Concentration abnimmt. Hat man dann für eine grössere Reihe von Hygrometergraden die zugehörige Feuchtigkeit ermittelt, so lassen sich die fehlenden Werthe der Scala interpoliren. Streng genommen ist jedoch eine derartige Aichung nur gültig für diejenige Temperatur, bei der die Prüfung stattgefunden hat. — Die früher vielfach gerügten Unregelmässigkeiten der Haarhygrometer hat man neuerdings durch möglichste Sorgfalt der Construction zu beseitigen gesucht, die sich vor allem auf die Zubereitung des Haares und die Art der Aufhängung erstreckt. — So betont Koppe, dass es sehr auf die gerade hinreichende Behandlung des Haares mit Aether und Natron ankomme, um ein zuverlässiges Instrument zu erhalten; derselbe verlangt aussserdem eine häufigere Justirung, die dadurch erfolgt, dass man mittelst einer einfachen dem Instrument beigegebenen Vorrichtung dieses in eine mit Feuchtigkeit gesättigte Luft bringt und dann den Zeiger auf 100 einstellt. — Ferner hat man beobachtet, dass das Haar vor der Verwendung wo möglich etwa 20 mal in die äusserste Trocken- und nachher in die extremste Nasslage gebracht werden muss, da erst dann die Molekulartheile des Haars die nöthige Ruhelage annehmen. — Bei der Aufhängung des Haars ist namentlich die Reibung desselben, resp. des Aufhängefadens in den kleinen Löchern des Gleitstücks zu vermeiden, was nur mit besonderen Vorsichtsmaassregeln möglich ist. — Klinkerfues wählte für sein Hygrometer die bifilare Aufhängung, nach Analogie des Bifilar-Magnetometers von Gauss, und erzielte dadurch ein Instrument von grosser Genauigkeit; bei demselben ist ein Stäbchen an zwei hygroskopischen Fäden bifilar aufgehängt, gleichzeitig aber durch zwei andere solche Fäden verhindert, ganz der Torsion der ersten Fäden, welche sich in eine Ebene stellen würden, nachzugeben; die Ruhelagen, nach welchen die sich entgegenwirkenden Torsionen streben, sind senkrecht zu einander. — Am vollkommensten scheint die Constructionsweise

Aichung der Haarhygrometer.

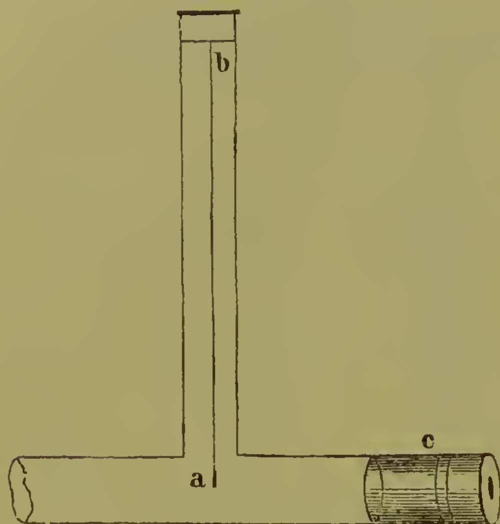
Cautelen der Construction.

Besondere Formen der Haarhygrometer.

zu sein, die im Observatorium zu Montsouris in Gebrauch ist, da hier die Uebertragung auf einen Zeiger ganz vermieden ist; ein frei herabhängendes Haar ist durch einen an seinem unteren Ende befestigten 15 mm langen Kupferdraht (*a*) gespannt, dessen verticale Excursionen durch ein Mikroskop (*c*) beobachtet und mittelst Mikrometers gemessen werden (Fig. 28). — Während früher Haarhygrometer nicht zu wissenschaftlichen Untersuchungen brauchbar waren, geben die Instrumente neuerer Construction, wenn sie zuverlässig gearbeitet sind und öfter controlirt werden, hinreichend genaue Resultate und sind den besten der im Folgenden zu erwähnenden Feuchtigkeitsmesser ziemlich gleichwerthig.[7]

Haarhygrometer von Montsouris.

Fig. 28.



Haarhygrometer von Montsouris.

4) Hygroskope aus Pflanzenfasern.

4) Aehnlich wie Haare sind zu hygrometrischen Untersuchungen Pflanzenfasern verwandt, die aus einer hygroskopischen und einer nicht hygroskopischen Schicht bestehen und die sich je nach dem Feuchtigkeitsgrade der Luft mehr weniger stark krümmen. Ist die Faser an ihrem einen Ende befestigt, so wird das andere Ende sich entsprechend dem Feuchtigkeitszustande in einer Curve bewegen und auf dieser oder auf einem dazu in bestimmter Relation stehenden Kreisbogen ist eine Scala eingetheilt, nach der sich die relative Feuchtigkeit der Luft in Procenten direct ablesen lässt. Als Substanz, welche durch ihre Zusammensetzung aus einem hygroskopischen und einem nicht hygroskopischen Streifen sich zu solchen Instrumenten eignet, empfiehlt Wolpert Fäden aus zartem, sorgfältig geschnittenem Stroh. Dieselben sind zu dem neuen Wolpert'schen Procenthygrometer verwandt, welches den besseren Haarhygrometern gleich stehen soll.[8]

Wolpert's Procenthygrometer.

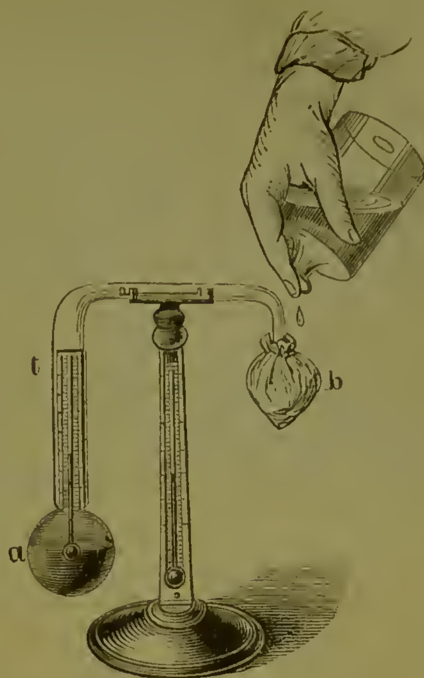
5) Condensationshygrometer.

5) Sehr früh wurden neben den Saussure'schen Apparaten Hygrometer in Gebrauch gezogen, mit welchen der Thaupunkt beobachtet wird, d. h. diejenige Temperatur, bei welcher in Folge von künstlicher Abkühlung der Luft Condensation des Wasserdampfs eintritt. Das älteste derartige Instrument ist das Daniell'sche Hygrometer (Fig. 29). Auf einem kleinen Stativ liegt ein weites Glasrohr, das beiderseits rechtwinklig nach unten sich umbiegt, dessen Fortsätze aber ungleich lang sind; der kürzere trägt eine kleine kuglige Erweiterung (*b*), die aussen mit feiner Leinwand umwickelt ist, der längere hat am unteren Ende eine grössere Kugel (*a*); die letztere ist aussen mit einer blanken, glän-

von Daniell.

zenden Platin- oder Goldschicht überzogen; innen ist sie bis zur Hälfte mit Aether gefüllt, in welchen ein Thermometer eintaucht; ein anderes feines Thermometer befindet sich am Stativ. Das ganze Glasrohr ist natürlich mit Aetherdampf erfüllt, der das Maximum der Spannung für die Lufttemperatur hat. — Will man den Thaupunkt bestimmen, so tröpfelt man auf die Leinwand der kleineren Kugel etwas Aether; dieser verdunstet sehr rasch und erzeugt dadurch eine solche Temperaturerniedrigung in der Kugel *b*, dass die dort vorhandenen Aetherdämpfe, die das Maximum der Spannung für eine höhere Temperatur hatten, sich condensiren müssen; dadurch wird dann eine weitere Verdunstung des in der grossen Kugel enthaltenen Aethers möglich, derselbe destillirt in die kleine Kugel über, und durch diese plötzlich ermöglichte Aetherverdunstung muss nun auch die grössere Kugel eine Temperaturerniedrigung erfahren und das dort befindliche Thermometer muss allmählich tiefer sinken. — Schliesslich wird nun die Temperatur der Kugel *a* den Thaupunkt erreicht haben, d. h. den Grad, bei welchem der in der Luft vorhandene Wasserdampf nicht mehr in Dampfform bestehen kann, sondern sich condensiren muss. Dieser Punkt lässt sich sehr scharf an dem Instrument beobachten; man stellt dasselbe so auf, dass sich auf der glänzend polirten Oberfläche der Kugel das Bild irgend eines hellen Gegenstandes, eines Fensters oder dgl. spiegelt; und sobald man bemerkt, dass das bis dahin glänzende Bild getrübt wird dadurch, dass ein feiner Thau sich darauf niederschlägt, liest man die Temperatur des Thermometers im Innern der Kugel ab; diese ist dann identisch mit dem Thaupunkt oder liegt, genau genommen, unmerklich unter dem Thaupunkt. — Aus dem Letzteren erhält man, wie oben ausgeführt, direct die absolute Feuchtigkeit der Luft (s. Tab. IX, „Spannungstafel") und durch einfache Rechnung die relative Feuchtigkeit, sobald man auch die Temperatur der Luft an dem Thermometer des Stativs abgelesen hat; noch bequemer ist dieselbe aus der Klinkerfues'schen Reductionsscheibe (Fig. 25) zu entnehmen.

Fig. 29.



Daniell's Hygrometer.

Fehler des Daniell'schen Hygrometers.

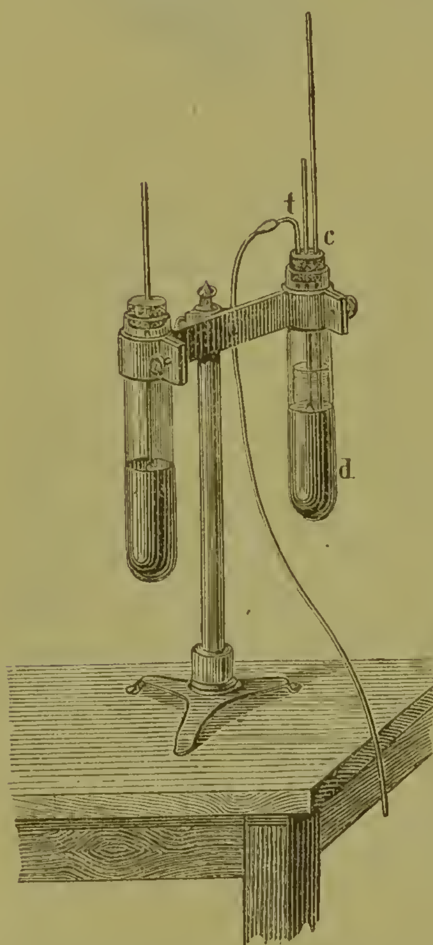
Das Daniell'sche Instrument hat jedoch mehrfache Fehler, welche die Beobachtung unzuverlässig machen. Ein solcher liegt namentlich in der Temperaturangabe des in der Kugel eingeschlossenen Thermometers, das eigentlich nur die

Temperatur der Aetherschichten angiebt, in die es eintaucht; bei der schlechten Leitungsfähigkeit der Flüssigkeiten kann aber die Temperatur der äusseren Kugelwand eine erheblich andere sein. Ferner muss der Beobachter zum Zweck der Ablesung dem Instrument sehr nahe kommen und längere Zeit dort den Eintritt des Thaupunktes erwarten; dadurch werden leicht die Thermometer beeinflusst und vor allem muss durch die bedeutenden Mengen ausgeathmeten Wasserdampfs gerade der Wassergehalt derjenigen Luft verändert werden, die zur Beobachtung gelangt. — Andererseits erzeugt die starke Aetherverdunstung auf der kleineren Kugel und die dadurch erzeugte Kälte leicht Thaubildung und somit Veränderung des natürlichen Wassergehalts der Luft.

Condensationshygrometer von Döbereiner-Regnault.

Döbereiner und später Regnault construirten eine Modification des Hygrometers, welche alle die genannten Fehlerquellen vermeidet (Fig. 30). Ein fingerhutförmiges Glasgefäss *d*, unten aus polirtem Silberblech bestehend, ist mit Aether halb gefüllt und oben mit dreifach durchbohrtem Kork verschlossen; durch die mittlere Bohrung geht ein Thermometer, in den anderen stecken zwei Glasröhren, deren eine in den Aether eintaucht, während die andere dicht unter dem Kork endet und nach aussen durch einen langen Kautschuckschlauch mit einem entfernt aufgestellten Aspirator in Verbindung steht. — Will man eine Bestimmung des Thaupunkts vornehmen, so lässt man mittelst des Aspirators langsam Luft durch den Aether streichen, der dadurch verdunstet und den Apparat abkühlt. Die glänzende Silberfläche und das Thermometer werden durch ein Fernrohr beobachtet und letzteres abgelesen, sobald sich Thaubildung zeigt. Alsdann lässt man weniger stark Luft aspiriren, so dass der Aether nicht mehr so stark verdunstet und der Apparat sich wieder etwas erwärmen kann; sobald nun der Thau wieder verschwindet, liest man das Thermometer wieder ab und das Mittel aus diesen beiden Ablesungen muss dann genau dem Zustand vollkommener Sättigung der Luft mit Wasserdampf, d. h. dem Thaupunkt, entsprechen. — An demselben Stativ befindet sich gewöhnlich noch ein zweites fingerhutförmiges Gefäss, dem ersteren ganz ähnlich, aber ohne Aether und nur mit einem Thermometer versehen; durch Vergleichung beider Gefässe lassen sich die Diffe-

Fig. 30.



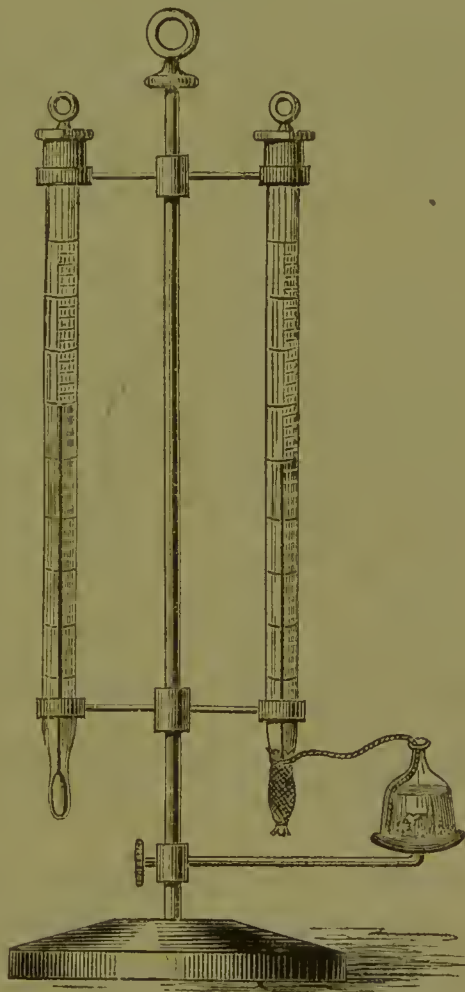
Regnault's Hygrometer.

renzen der Silberspiegel sehr scharf erkennen und die Temperaturunterschiede leicht ablesen. — Statt des Aspirators kann man auch einfach einen Kautschuckballon verwenden, bei dem dann der Luftdurchtritt durch len Aether mit der Hand regulirt werden kann.

Neuerdings sind weitere Abänderungen des Condensationshygrometers in Vorchlag gebracht; so von Alluard die Verwendung planer Flächen, auf deren einer lie Thaubildung stattfindet; ferner von Bogen die Benutzung einer Kältemischung, lie auf einem platinirten Glasgefäss Thaubildung veranlasst.[9] Neuere Modificationen des Hygrometers.

6) Das Regnault'sche Instrument giebt vollkommen genaue Resulate; nur hat die Erschwerung der Ablesung bisher eine weitere Verbreitung und häufigere Benutzung verhindert. Von den Meteorologen wird vielmehr fast ausschliesslich das August'sche Psychrometer ur Beobachtung der Luftfeuchtigkeit verwendet, das sich durch seine compendiöse, leicht transportable Form auszeichnet. — Dasselbe beruht auf dem Princip, lass beim Verdunsten von Wasser Wärme verbraucht wird und zwar in um so grösserer Menge, je mehr Wasser verdunstet; folglich kann aus dem Wärmeverbrauch die Intensität der Verdunstung erschlossen werden; da aber diese wiederum abhängig ist von dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft, so erhält man auch ür den letzteren einen Maassstab in der Wärmebindung, welche durch Verdunstung stattfindet. Wenn nun zwei Thermometer (Fig. 31) an einem Stativ aufgestellt sind und das Gefäss des einen ist mit befeuchteter Leinwand umhüllt, so wird dies letztere Thermometer durch die Verdunstungskälte sinken; nach einiger Zeit wird es auf einem Punkte stehen bleiben, der tiefer liegt als der Stand des anderen Thermometers, und zwar desto iefer, je trockener die Luft und je grösser n Folge dessen die Menge des verdunstenden Wassers ist. Aus der Temperaturdifferenz beider Thermometer kann somit der Feuchtigkeitsgehalt er Luft abgeleitet werden. 6) August's Psychrometer.

Fig. 31.



August's Psychrometer.

Die Luftfeuchtigkeit ist jedoch nicht einfach proportional der Differenz beider hermometer, sondern um dieselbe zu bestimmen, bedarf es einer complicirteren

Ableitung der Formel zur Berechnung der Luftfeuchtigkeit aus den Psychrometerangaben.

Gleichung, die folgendermassen entwickelt werden kann. Wenn das feuchte Thermometer seinen niedrigsten Stand erreicht hat und nicht weiter sinkt, muss ein gewisser Gleichgewichtszustand eingetreten sein; es muss nämlich die Wärmeentziehung, welche durch die fortgesetzte Verdunstung entsteht, gerade gedeckt werden durch die Wärmezufuhr, die das erkaltende Thermometer aus der umgebenden Luft erhält. Das Gleichgewicht zwischen diesen beiden Grössen wird sich durch eine Gleichung darstellen lassen, in dieser werden die Unbekannte — der Feuchtigkeitsgehalt der Luft — und mehrere bekannte Grössen vorkommen und man wird versuchen müssen, mittelst der letzteren den Werth von x zu erhalten. — Die eine Seite der Gleichung bildet also die Menge der durch die Wasserverdunstung gebundenen Wärme. Unter sonst constanten Bedingungen, bei Einheit der Fläche, einheitlicher Luftbewegung etc., die insgesammt durch die Constante C bezeichnet werden mögen, hängt die Wasserverdunstung ab 1) vom Barometerstand B, der die Dampfbildung in den der Oberfläche nächsten Wasserschichten beeinflusst, so dass dieselbe umgekehrt proportional dem Luftdruck vor sich geht; 2) ist sie direct proportional der relativen Feuchtigkeit der Luft, oder richtiger gesagt, der Grösse des trockenen, nicht mit Wasserdampf erfüllten Theiles der Luft, der gemessen werden kann durch die Differenz zwischen der wirklich vorhandenen Wasserdampfspannung x und der bei der Lufttemperatur möglichen maximalen Spannung s, also durch $s - x$. Alsdann lässt sich das Maass der jeweiligen Verdunstung bezeichnen durch den Ausdruck: $C \cdot \frac{1}{B} \cdot (s - x)$. Sei ferner l die Wärmemenge, welche die Einheit Wasser beim Verdunsten erzeugt, so giebt $\frac{C \cdot l}{B} \cdot (s - x)$ das Maass des Wärmeverbrauchs und damit die eine Seite der Gleichung. — Die andere ist leichter gefunden, da die Wärmezufuhr zum erkaltenden Thermometer unter sonst constanten Bedingungen nur abhängig von der Temperaturdifferenz und derselben direct proportional ist; nennt man D die Constante, t die Temperatur des trockenen, t' die des feuchten Thermometers, so hat man als Ausdruck für die Wärmezufuhr $= D \cdot (t - t')$; und die Gleichung lautet also: $D \cdot (t - t') = \frac{C \cdot l}{B} (s - x)$, und $x = s - \frac{B \cdot D}{C \cdot l} (t - t')$. — Den ganzen constanten Ausdruck $\frac{D}{C \cdot l}$ kann man entweder durch complicirte Rechnungen oder aber empirisch z. B. mittelst des Regnault'schen Hygrometers bestimmen; man bezeichnet ihn gewöhnlich insgesammt mit K und die Gleichung zur Berechnung von x lautet daher einfacher:

$$x = s - B \cdot K \cdot (t - t').$$

Hilfstabellen.

Statt der jedesmaligen Rechnung nach dieser Formel benutzt man einfache Tabellen, die direct aus der Temperaturdifferenz der Thermometer die absolute Feuchtigkeit der Luft in Millimeter Spannung abzulesen gestatten; nur ist ausserdem noch die absolute Temperatur des trockenen oder feuchten Thermometers als bekannt vorauszusetzen, da bei verschiedenen Wärmegraden die gleiche Temperaturdifferenz eine sehr verschiedene Wasserdampfcapacität der Luft bewirkt.

Tabelle nach ganzen Graden.

Auf Tabelle VIII sind die Temperaturdifferenzen von 0° bis 8°, von Grad zu Grad, in der obersten Horizontalreihe verzeichnet; je nach der am Psychrometer beobachteten Differenz findet man so eine bestimmte dreitheilige Verticalcolumne.

Alsdann hat man die Temperatur des feuchten Thermometers in der ersten Verticalspalte aufzusuchen und in der dadurch bezeichneten Horizontalreihe fortzugehen bis zum Schnittpunkt mit jener zuerst gefundenen Reihe. Die Abtheilungen jeder Verticalcolumne bieten drei Zahlen; zunächst die absolute Feuchtigkeit in Millimeter Dunstdruck; dann die relative Feuchtigkeit in Procenten; drittens den Thaupunkt. — Häufig aber kommt es darauf an, den Wasserdampf der Luft genauer zu bestimmen, als dies mittelst einer Tabelle ausführbar ist, die nur Differenzen von ganzen Graden berücksichtigt; die dadurch möglichen Fehler betragen leicht über 5%. Andererseits werden die Tabellen, wenn sie von Zehntel- zu Zehntelgrad fortschreiten, sehr umfangreich; solche ausführliche Psychrometertafeln sind daher mehrfach als selbstständige Brochüren herausgegeben. Die gebräuchlichsten sind die von August und von Jelinek; andere sind von Listing, Mohn, Suhle u. A. zusammengestellt. —

Abgekürzte Tabelle nach Zehntelgraden.

Mittelst sehr einfacher Rechnungen ist die gleiche Genauigkeit jedoch auch erreichbar durch die abgekürzten Psychrometertafeln, die in Tabelle IX mitgetheilt sind. Denselben liegt eine etwas abweichende von Regnault angegebene Formel zur Berechnung des Feuchtigkeitsgehalts zu Grunde, nämlich

$$x = s' - a \cdot t' \, (t - t') - b \, (t - t') - c \, (t - t') \cdot (B - 755).$$

x bedeutet den gesuchten augenblicklich vorhandenen Dunstdruck; s' die der Temperatur des feuchten Thermometers entsprechende maximale Wasserdampfspannung; a, b, c sind Constante, die verschieden sind je nachdem t' über oder unter 0° liegt, und die mit der jedesmaligen Temperaturdifferenz multiplicirt werden müssen; diese Producte finden sich in den Tabellen verzeichnet. Das letzte Glied $B - 755$ berücksichtigt den Einfluss des Barometerstandes; derselbe ist jedoch so geringfügig, dass man ohne merklichen Fehler dieses Glied fortlassen kann, so lange nicht erhebliche Abweichungen vom durchschnittlichen Stande (= 755 mm) vorkommen, wie z. B. an hochgelegenen Stationen. —

Die Berechnung mit Hülfe dieser Tafeln erfolgt in der Weise, dass man zunächst den der Temperatur des feuchten Thermometers entsprechenden maximalen Dunstdruck abliest, den man auf der „Spannungstafel“ verzeichnet findet; von diesem Werthe (s') ist dann zunächst $a \cdot t' \, (t - t')$ abzuziehen. Die Zahlen für $a \cdot t'$ findet man unter der Rubrik: Correctionsfactor; dieser ist jedesmal noch mit der Temperaturdifferenz zu multipliciren und dann von s' abzuziehen. Ferner ist $b \, (t - t')$ in Abzug zu bringen; die Werthe hierfür finden sich, von Zehntel- zu Zehntelgrad Temperaturdifferenz, in der „Abzugstafel“. Soll endlich noch die Barometer-Correction berücksichtigt werden, so liefert hierfür die dritte Tafel die für halbe Grade Temperaturdifferenz fortschreitenden Werthe.

Beispiel für die Berechnung.

Ist beispielsweise der Stand des trockenen Thermometers 25·2°, der des feuchten 18·7°, die Temperaturdifferenz also = 6,5°, so findet man zunächst für 18·7°

$$s' = 16 \cdot 05 \text{ mm Dunstdruck;}$$

der nebenstehende Correctionsfactor beträgt 0,018; multiplicirt mit 6,5 = 0,117; diese Zahl von s' abgezogen, bleibt = 15,933 mm. Die Abzugstafel giebt für 6,5° den Werth 3,86; auch diese Zahl von s' abgezogen, bleibt = 12,073 mm. — Ist endlich der Barometerstand 768 mm, so liefert die entsprechende Tafel für den nächsthohen Luftdruck von 770 mm und für 6,5° Temperaturdifferenz den Werth 0,08; das über der betreffenden Columne angebrachte Minuszeichen zeigt an, dass auch dieser von s' in Abzug zu bringen ist; folglich erhält man als schliesslichen Werth von x = 11,993 mm; dies ist der Dunstdruck des augenblicklich in der Luft enthaltenen Wasserdampfs. — Will man daraus genau die relative Feuchtigkeit be-

rechnen, so hat man in der Spannungstafel den dem trockenen Thermometer zukommenden maximalen Spannungsgrad aufzusuchen. Die vorhandene Spannung, durch diese maximale dividirt und mit 100 multiplicirt, giebt die Procente. In obigem Beispiel also $100 \cdot \frac{11{,}993}{23{,}83} = 50{,}3\,\%$.

Aufstellung u. Behandlung des Psychrometers.

Die Aufstellung des Psychrometers erfordert dieselben Cautelen, welche oben für die Exponirung der Thermometer angegeben sind. Von grosser Bedeutung für die Richtigkeit der Beobachtungen ist eine minutiös sorgfältige Behandlung des Instruments. Der Ueberzug der Kugel des feuchten Thermometers soll aus feinem gut ausgewaschenen Mousselin bestehen; derselbe soll über dem — wo möglich cylindrischen — Gefäss eine einfache Lage bilden und dicht anliegen, was am besten erreicht wird, wenn man ihn im feuchten Zustande befestigt; er soll ferner über der oberen Befestigungsschnur nicht bedeutend, möglichst wenig aber unterhalb der unteren vorragen. Das Thermometergefäss muss rein gehalten und der Ueberzug oft erneuert werden. Als Wasser zur Befeuchtung soll destillirtes oder Regenwasser benutzt werden. — Sehr viel kommt auf die richtige Benetzung an, die weder zu gering noch zu stark ausfallen darf, und welche so ausgeführt werden muss, dass keine andere Wasserfläche in der näheren Umgebung des Psychrometers erheblichere Mengen Wasserdampf liefert. Am besten wird diesen Anforderungen dadurch genügt, dass man von einem enghalsigen, circa 12 cm vom trockenen und 4—5 cm vom nassen Thermometer entfernten Wassergefäss aus einen dicken Docht zum feuchten Thermometer leitet, ihn lose um den oberen Rand des Mousselins schlingt und mit ein paar Stichen befestigt; der Docht soll dabei in einer Neigung von höchstens 45° herabhängen. — Ist die Lufttemperatur unter 0°, so lässt man auf der bekleideten oder unbekleideten Thermometerkugel sich eine dünne Eiskruste bilden, dadurch dass man das Gefäss kurze Zeit in Wasser eintaucht; ältere Eisschichten sind vorher zu schmelzen. — Selbstverständlich ist bei jeder Beobachtung abzuwarten, bis das feuchte Thermometer seinen tiefsten Stand erreicht hat und nicht weiter sinkt, wozu meistens 5—10 Minuten erforderlich sind. — Bei vollkommener Sättigung der Luft mit Wasserdampf findet man oft den Stand des feuchten Thermometers etwas höher als den des trockenen, was durch die schützende Umhüllung bewirkt wird; diese Differenz ist dann zu vernachlässigen, beider Stand als der gleiche und der Wassergehalt der Luft also zu 100 % anzunehmen.

Fehler der Psychrometerangaben.

Werden nun auch alle diese Cautelen befolgt, so findet man dennoch häufig, dass die Angaben des Psychrometers von denen abweichen, die mittelst directer Wägung oder mit dem Regnaut'schen Hygrometer erhalten sind. Dieser Umstand hat dazu geführt, dass in neuerer Zeit die Beobachtung mit dem Psychrometer viel-

fach als unzuverlässig bezeichnet ist. — Der Grund jener Erscheinung liegt in der Art der Berechnung. Derselben wird, wie oben gezeigt, eine Constante K (oder aber in Regnault's späterer Formel die Constanten a, b, c) zu Grunde gelegt; in dieser ist namentlich auch ein Ausdruck für die Wasserverdunstung gegeben, deren Bedingungen, abgesehen von den Variablen der Formel, als constant angenommen werden. Eigentlich ist nun K nicht constant, sondern ebenfalls variabel. Namentlich wechselt die Intensität der Verdunstung mit dem Grade der Luftbewegung; K wird also ganz anders ausfallen, je nachdem man die Verdunstung im geschlossenen Zimmer oder im Freien vor sich gehen lässt. Man hat sich dadurch zu helfen gesucht, dass man für die wesentlichsten verschiedenen Verhältnisse besondere Werthe von K ermittelt hat; z. B.

Veränderlichkeit der Constanten.

für kleine Zimmer $K = 0{,}00128$
für grosse Zimmer $= 0{,}001$
im Freien im Mittel $= 0{,}00095$.

Auch für den Fall, dass die Temperatur unter 0° liegt und eine Eiskruste statt des Wassers verdunstet, ist mit einer anderen Constanten zu rechnen. — Am unsichersten sind die Angaben, welche in ruhender Luft erhalten werden; alsdann bilden sich am Psychrometer stagnirende mit Wasserdampf überladene Schichten, die nicht mehr mit der Untersuchungsluft vergleichbar sind. — Man kann jedoch dadurch eine grössere Sicherheit erzielen, dass man, wenn es sich um eine Reihe von Bestimmungen unter annähernd gleichen Bedingungen, z. B. im geschlossenen Zimmer, handelt, die Constante K für das betreffende Instrument empirisch feststellt; es ist das leicht ausführbar, indem man durch die Wägemethode oder Regnault's Hygrometer den Werth für x ermittelt, als bekannt in die oben abgeleitete Formel einsetzt und nun K als Unbekannte berechnet. — Oder man muss versuchen, immer annähernd den gleichen Grad der Luftbewegung herzustellen; dies geschieht z. B. an den italienischen meteorologischen Stationen durch einen künstlichen mittelst Windrads hergestellten Luftstrom, der von unten nach oben über das Psychrometer geleitet wird. — Unter Zuhülfenahme solcher Vorrichtungen oder wenn überhaupt nur in freier Luft beobachtet wird, giebt das August'sche Instrument ganz befriedigende Resultate; höchstens zeigt es sich unter 0° zu wenig empfindlich.[10] —

Correction durch besondere Feststellung der Constanten für jede Beobachtungsreihe.

7) In einem gewissen Gegensatze zu der Theorie des Psychrometers steht das Princip, welches von de la Rive und Withehouse zur Messung der Luftfeuchtigkeit verwandt ist. Dieselben bestimmen nämlich die Temperaturerhöhung, welche an einem Thermometer, dessen Kugel in concentrirte Schwefelsäure eingetaucht war, durch die Condensation und Absorption des Wasserdampfs hervorgerufen wird. Das zur Beobachtung hergerichtete Instrument besteht aus drei nebeneinander aufgestellten Thermometern, einem trockenen, einem mit Wasser befeuchteten und dem mit Schwefelsäure getränkten. — Erfahrungen über die Vorzüge des Apparates liegen bisher nicht vor.[11]

7) Methode von de la Rive.

8) Eine praktisch gut verwendbare Methode zur ungefähren Abschätzung des Feuchtigkeitsgehalts der Luft bietet endlich noch das Verfahren, die Wassermengen zu messen, welche von einer bestimmten Fläche innerhalb einer gewissen Zeit verdunstet sind. Piche hat zu diesem

8) Bestimmung der Luftfeuchtigkeit aus der Verdunstungsgrösse.

Atmometer von Piche.

Zweck graduirte, an einem Ende geschlossene Glasröhren empfohlen von 2—3 dcm Länge und etwa 1 cm Durchmesser; die Theilstriche entsprechen je einem Volumen von $^1/_5$ oder $^1/_{10}$ cc. Eine solche Röhre wird mit Wasser gefüllt und dann das offene Ende mit einem kleinen viereckigen Stück Kupferstecherpapier bedeckt, welches durch eine Klammer fest angedrückt gehalten wird. Die Röhre wird dann umgekehrt und mit dem oberen geschlossenen Ende, das eine kleine Oese trägt, in dem Zimmer aufgehängt, dessen Luft geprüft werden soll. Das Kupferstecherpapier saugt das Wasser der Röhre ein, ohne aber dadurch nachgiebig und schlaff zu werden; von der oberen und unteren Oberfläche des Papiers aus wird nun fortwährend Wasser verdunsten und das verdunstete Wasser wird durch den Inhalt der Röhre ergänzt; dafür dringt in letztere Luft ein und zwar erleichtert man dieses Eindringen am besten noch dadurch, dass man mit einer Stecknadel ein kleines Loch in das Papier gerade unterhalb der Röhre einsticht. Der verdunstenden Oberfläche giebt man immer die gleiche Grösse; zu dem Ende wird das Papierstück z. B. als Quadrat von 4 cm Seite geschnitten, so dass es oben und unten zusammen 32 □ cm Fläche bietet; an der Stelle, wo die Röhre aufsitzt, findet keine Verdunstung statt; um dennoch die 32 □ cm als verdunstende Fläche annehmen zu können, giebt man dem Papier an einer Seite einen halbkreisförmigen Ausschnitt vom Durchmesser der Röhre, der dann durch seine beiden Flächen die bedeckte Stelle ersetzt. — Offenbar wird nun das Wasser der Röhre um so rascher abnehmen, je intensiver die Verdunstung vor sich geht; und da diese unter sonst gleichen Bedingungen lediglich abhängt von der vorhandenen Sättigung (oder richtiger von dem ungesättigten Antheil $s-x$) der Luft, so lässt sich aus der Schnelligkeit, mit der das Niveau der Röhre sinkt, die Luftfeuchtigkeit bestimmen. Selbstverständlich erhält man nur Relativzahlen; kann aber selbst zu annähernden absoluten Werthen gelangen, wenn man das Maass der Verdunstung bei verschiedenen bekannten Feuchtigkeitsgraden und Temperaturen ermittelt hat. — Die übrigen weiter unten beschriebenen Verdunstungsmesser eignen sich weniger zur Verwendung in geschlossenen Räumen oder haben eine zu complicirte Construction.[12]

Vergleichung der verschiedenen Methoden zur Bestimmung des Wasserdampfs.

Nach Regnault's zahlreichen vergleichenden Untersuchungen sind als die besten und dauerhaftesten Instrumente zur Messung der Luftfeuchtigkeit die Haarhygrometer neuerer Construction zu bezeichnen, sofern sie einer häufigeren Controle unterworfen werden; das Psychrometer giebt ausser bei niederen Temperaturen genaue Angaben, wenn die Befeuchtung gleichmässig sorgfältig vorgenommen wird und wenn die Constanten für das specielle Instrument und den Ort seiner Aufstellung mittelst der Wägemethode besonders berechnet sind; die Condensationshygrometer nach Regnault's Construction sind durchaus genau. Bei allen diesen Instrumenten ist aber die Ablesung, namentlich zur Nachtzeit kaum möglich, ohne

Fehler einzuführen; und deshalb empfiehlt Regnault für Observatorien und für fortlaufende wissenschaftliche Untersuchungen dennoch allein die Wägemethode.[13] —

Hygienische Bedeutung der Feuchtigkeitsbestimmungen. An den meisten meteorologischen Stationen wird dreimal des Tages der momentane Wassergehalt der Luft beobachtet und sowohl als absolute Feuchtigkeit in mm Dunstdruck, wie als relative in Procenten registrirt; aus diesen Zahlen wird dann wiederum das tägliche, monatliche etc. Mittel gezogen. — Auch hier befriedigt aber die vom Gesichtspunkt des Meteorologen aus eingeschlagene Beobachtungsweise nicht vollkommen das hygienische Interesse. — Der Wassergehalt der Atmosphäre tritt zu unserem Körper in die engste Beziehung, insofern er theilweise die Wärmeabgabe und fast ausschliesslich die Wasserdampfausscheidung beherrscht und so unmittelbar in wichtige körperliche Functionen eingreift; man wird daher erwarten dürfen, dass die Messungen der Luftfeuchtigkeit einigermassen Aufschluss darüber geben, in welchem Grade der normale Ablauf jener Functionen jeweilig statthaben oder alterirt werden kann. Das ist aber mittelst der üblichen meteorologischen Daten nicht möglich. Die dreimalige momentane Beobachtung giebt weder ein zuverlässiges Tagesmittel, da die Ablesungsstunden nur mit Rücksicht darauf gewählt sind, dass ein richtiges Mittel der Temperatur erhalten wird; noch können sie ein genügendes Bild der Luftfeuchtigkeitsschwankungen geben. Brauchbarere Integralwerthe giebt die Wägemethode, die aber nur selten angewandt wird; ferner die Verdunstungsmessungen, die für geschlossene Räume gewisse Aufschlüsse zu geben vermögen; und endlich die Aufzeichnungen der selbstregistrirenden Apparate, die immer weitere Verbreitung erlangen und werthvolles Material auch für die hygienische Untersuchung liefern werden (s. unten).

Hygienische Bedeutung der Feuchtigkeitsbestimmungen.

Ungenügende Berücksichtigung des hygienischen Bedürfnisses durch die meteorologische Beobachtung.

In den Angaben über den Feuchtigkeitszustand der Luft wird ausserdem der grösste Werth auf die relative Feuchtigkeit gelegt und namentlich in ärztlichen Kreisen ist man geneigt, dieser eine grössere Bedeutung beizumessen als ihr gebührt. Für den Ablauf der wesentlichsten in Betracht kommenden körperlichen Function, der Wasserdampfausscheidung, ist aber die absolute Feuchtigkeit viel bedeutungsvoller. Von ihr hängt die Wasserdampfmenge ab, die in den Lungen ausgeschieden wird, da die ausgeathmete Luft unter allen Umständen für circa 35° mit Wasserdampf gesättigt ausgeathmet wird und also um so mehr Wasser zugefügt werden muss, je geringer die absolute Menge des Wasserdampfs in der Einathmungsluft war; und auch die Verdunstung von der äusseren Haut ist nicht eigentlich von der relativen Sättigung abhängig, sondern von der absoluten Menge Wasserdampf, welche noch von der Luft bis zu ihrer vollständigen Sättigung aufgenommen werden kann.

Geringer Einfluss der relativen Feuchtigkeit.

Bedeutung der absoluten Feuchtigkeit u. namentlich des mit Wasserdampf nicht gesättigten Antheils der Luft.

also von der Differenz zwischen maximaler und vorhandener Spannung ($s-x$). — Gerade den Schwankungen der absoluten Feuchtigkeit und jener Differenz wird daher erhöhte Aufmerksamkeit zuzuwenden sein.

Der unmittelbare Einfluss des atmosphärischen Wassergehalts auf wichtige Körperfunctionen macht es selbstverständlich, dass derselbe auch als klimatischer Factor eine wichtige Rolle spielt; seine grössten Schwankungen und demgemäss intensivsten Wirkungen treten aber in dem künstlichen Klima unserer Wohnungen hervor, und es wird daher im speciellen Theil, bei Besprechung der Wohnungs- und namentlich Heizanlagen, noch eingehender die Art und Weise dargelegt werden müssen, nach der vom hygienischen Gesichtspunkte aus Messungen der Luftfeuchtigkeit vorzunehmen sind.[14]

Literatur. 1) Stefan, Sitzungsber. d. Wien. Ak. d. Wiss., Bd. 63, 2. Abth. 1871. — Hildebrandsson, Beitrag zur Frage über das Verhalten des Wasserdampfs in der Atmosphäre. Zeitschr. f. Meteor. 1875, p. 17. — J. Hann, Die Abnahme des Wassergehalts der Atmosphäre mit zunehmender Höhe. Zeitschr. f. Meteor. 1874, p. 193. — 2) G. Smith, Arch. f. Pharmacie 1873, p. 281. — Wolpert, Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung, Braunschweig 1879, p. 147. — 3) v. Pettenkofer, Sitzungsber. d. Bayr. Akad. d. Wiss. 1862, II. 1. — Fresenius, Zeitschr. f. analyt. Chemie, Bd. 4, p. 177. — Dibbits, Zeitschr. f. anal. Ch. Bd. 15. p. 121. — Voit, Z. f. Biol. Bd. 11. p. 161. — Mitscherlich, Z. f. anal. Ch. Bd. 15. p. 388. — 4) Brunner, Pogg. Annal. Bd. 20, p. 274. — Regnault, Ann. de phys. et de chim. III. sér., Bd. 15. — Bibliothèque universelle de Genève, Bd. 11, p. 229. — 5) Baumhauer, Pogg. Ann. Bd. 93, p. 343. — Snellen, Zeitschr. f. Meteor 1874, p. 350. — 6) Schwackhöfer, Zeitsch. f. Meteor. 1878, p. 241. — Edelmann, Pogg. Ann. N. F. Bd. 6. p. 455. — Z. f. Meteor. 1479. p. 54. — 7) de Saussure, Essais sur l'hygrométrie, Neuchâtel 1783. — C. Koppe, Zeitschrift für Meteorologie 1878, p. 49. — Hermann & Pfister, Carl's Repert. 1870. — R. Wolf, Zeitschr. f. Meteor. 1873, p. 175. — Meyn, Carl's Repert. 1878, p. 51. — Klinkerfues, Theorie des Bifilarhygrometers, Göttingen 1875. — 8) Wolpert, Carl's Repert. 1873. — Corr. d. Niederrh. Ver. f. öff. Ges. Bd. 5, p. 149. — Theorie und Praxis der Ventilation, Braunschweig 1879, p. 149 ff. — 9) Daniell, Gilbert's Annalen, Bd. 68. — Döbereiner, Gilbert's Annalen, Bd. 70. — Regnault, Ann. de chim. et de phys., 3. sér., Bd. 15. — Alluard, La Nature 1877 Octob. — Bogen (Mittheilung von Bruhns), Carl's Repert. 1877, p. 163. — 10) August, Pogg Ann Bd. 5. — Marriott, Ueber die Behandlung des Psychrometers. Quart. Jour. of the Meteor. Soc. 1877 Jan. — Buys-Ballot, Suggestions on a uniform system etc. Utrecht 1872. — August, Psychrometertafeln, Berlin 1848. — Suhle, Psychrometertafeln, Cöthen 1866. — Jelinek, Psychrometertafeln nach H. Wild's Tafeln bearb 2. Aufl., Wien 1876. — 11) A. de la Rive & Wildman Withehouse, Quaterl. Journ. of the Meteor. Soc. Bd. 1, p. 64. — Zeitschr. f. Meteor. 1872, p. 339. — 12) Piche, Bullet. de l'Assiociation scientifique de France, Bd. 10, p. 166, referirt in Zeitschr. f. Meteor. 1873, p. 270. — 13) Vgl. Wild, Repert. f. Meteor. Bd. 2, p. 6. — Regnault, Bibl. univers. de Génève Bd. 11. — 14) v. Vivenot, Ueber die Messung der Luftfeuchtigkeit zur richtigen Würdigung der Klimate. Wien. med. Wochenschrift Bd. 14, p. 37. — Falk, Ueber die hyg. Bedeutung des Wassergehalts der Atmosphäre, Virchow's Archiv, Bd. 62, p. 235. — Vgl. unten im Abschnitt „Wohnung". —

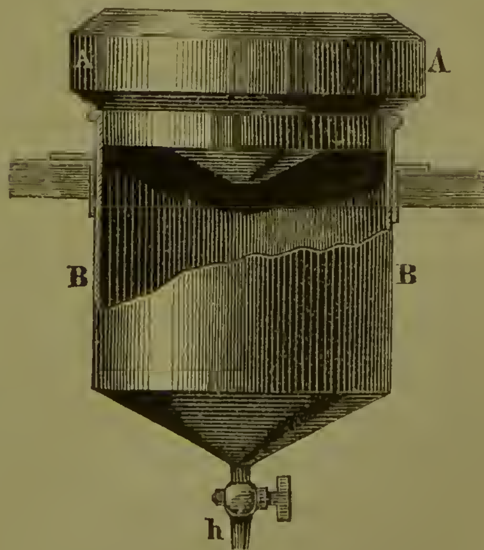
V. Messung der Niederschlags- und Verdunstungsmengen; Beobachtung der Wolken etc.

Die bisher beschriebenen Methoden zur Bestimmung der Temperatur, des Drucks, der Bewegung und der Feuchtigkeit der Luft berühren sämmtlich unmittelbar hygienische Interessen, und finden ausserdem so vielfache Anwendung bei den verschiedenartigsten hygienischen Untersuchungen, dass die betreffenden Instrumente Jedem vertraut sein müssen, der sich mit derartigen Beobachtungen beschäftigt. — Dagegen sind die im Folgenden zu beschreibenden Apparate vorzugsweise für den Gebrauch an meteorologischen Stationen bestimmt; dieselben sollen daher hier nur kurz skizzirt und die Art ihrer Beobachtung nur angedeutet werden.

Der condensirte, flüssig gewordene Wasserdampf fällt auf die Erde nieder in Form von Thau, Reif, Regen, Schnee und Hagel. Um den Thau und Reif zu messen, der sich bekanntlich vorzugsweise dann bildet, wenn eine intensive Ausstrahlung gegen den Weltenraum durch völlige Klarheit des Himmels und Windstille ermöglicht wird, und der vor allem an den mit starkem Ausstrahlungsvermögen begabten Gräsern und Blättern zu Stande kommt, ist ein Instrument angegeben, welches nach Art der Aräometer fungirt. Dasselbe ist mit weissem Papier umwickelt und schwimmt in einer dunkelgefärbten Flüssigkeit; oben trägt es eine Platte, auf der sich der Thau condensiren soll und die je nach der Menge des Thaus das Aräometer stärker belastet; dadurch taucht dasselbe tiefer ein und zeigt alsdann, wenn es zur Ablesung herausgehoben wird, auf dem Papier eine um so höher hinauf reichende Schwarzfärbung. — Auch zur Messung der Zeit, während welcher Thau gefallen ist, hat Kerner eine Methode angegeben. — Methoden zur Messung des Thau's.

Um Regen- und Schneemengen zu bestimmen, werden Gefässe von bekannter Grösse der auffangenden Fläche exponirt; von der letzteren fliesst der niedergefallene Regen in einen geschlossenen Sammelbehälter ab, dessen Inhalt dann von Zeit zu Zeit gemessen wird. Dem Auffanggefäss *A* (Fig. 32), welches mit dem Sammelgefäss *B* entweder fest verbunden oder diesem lose aufgelegt sein kann, wird gegenwärtig meist eine auffangende Oberfläche von $^1/_{20}$ oder $^1/_{10}$ Quadratmeter (= 500 oder 1000 □ cm) gegeben. Das Sammelgefäss ist so gross, dass es keinesfalls innerhalb 24 Stunden selbst durch die stärksten vorkommenden Regen- und Schnee-Messung.

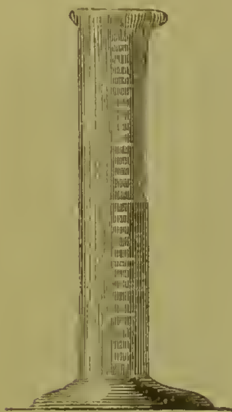
Fig. 32.



Regenmesser. Auffanggefäss.

Niederschläge gefüllt wird; das Messgefäss (Fig. 33) endlich, in welches alle 24 Stunden — oder auch öfter — der Inhalt des Sammelbehälters entleert wird, ist so graduirt, dass der Zwischenraum zwischen je zwei Theilstrichen 5 resp. 10 cc repräsentirt; da nun eine Fläche von 500 □ cm, wenn sie 1 mm hoch mit Wasser bedeckt ist, 50 cc Wasser fasst, so entsprechen je 5 cc der Messröhre einem Regenfall von $^1/_{10}$ mm Höhe (bei der grösseren Auffangfläche von 1000 □ cm entsprechen 10 cc = $^1/_{10}$ mm). Die Theilstriche der Messröhre geben somit unmittelbar in Zehntel-Millimetern die Höhe an, bis zu welcher ein Niederschlag die Erdoberfläche bedecken würde, wenn diese eine ebene, undurchlässige Fläche bildete. — An einzelnen Stationen sind auch Regenmesser mit Schwimmern oder mit seitlich am Sammelbehälter befestigten gläsernen Messröhren in Gebrauch.

Fig. 33.



Messcilinder.

Aufstellung der Regenmesser

Die Regenmesser müssen frei stehen; ferner so hoch über dem Boden, dass die Entfernung des oberen Randes des Auffanggefässes bis zum Boden 1 m beträgt. Bei höherer Aufstellung bekommt man viel zu geringe Werthe; theils durch den Einfluss des Windes, der in höheren Luftschichten eine viel grössere Geschwindigkeit besitzt, theils in Folge der fortgesetzten Condensation des Wasserdampfs und des Mitreissens der Wasserbläschen aus den untersten Luftschichten, fällt schon in einer Höhe von einigen Metern stets viel weniger Regen nieder, als am direct darunter gelegenen Orte. — Schnee muss in bedecktem Gefässe geschmolzen und dann gemessen werden; oder man sticht von der frisch gefallenen Schneedecke einen Cylinder von bekanntem Umfang aus, und ermittelt nach dem Schmelzen die Niederschlagshöhe. —

Verdunstungsmesser.

Zur Messung der Verdunstung des Wassers sind eine grosse Zahl von Apparaten angegeben. Es ist aber ausserordentlich schwer, die Verdunstung irgend einer Wasserfläche unabhängig zu machen von den verschiedensten lokalen Einflüssen; ein aufgestelltes Gefäss mit Wasser, das den Einwirkungen der Atmosphäre frei ausgesetzt ist, zeigt je nach seinem Material andere Temperaturverhältnisse, als der Erdboden, wird von Regen, Wind und Sonnenschein in unberechenbarer Weise beeinflusst; wird dasselbe aber geschützt, so kommen die wirksamsten Factoren der natürlichen Verdunstung in Wegfall. Ausserdem ist die Entfernung der Wasseroberfläche vom oberen Rande des Gefässes von grösster Bedeutung für die Intensität der Verdunstung, aber die Erhaltung eines constanten Niveau's stösst auf sehr grosse Schwierigkeiten. — Kann man somit nicht einmal die Verdunstung von einer freien Wasserfläche annähernd sicher bestimmen, so wird es einleuchten, dass sich noch weit schwieriger Anhaltspunkte gewinnen lassen, nach denen man die natürliche Verdunstungsgrösse von verschiedenen Bodenarten, von bebauten Feldern, von Wiesen- oder Waldterrain abschätzen könnte; und

Principien der Construction und Aufstellung.

doch würde die Kenntniss solcher Zahlen für die Beurtheilung vieler praktischer hygienischer Fragen von Wichtigkeit sein.

Die gebräuchlichen Instrumente haben meist ein offenes Gefäss, ähnlich dem Auffanggefäss der Regenmesser, welches mit Wasser bis zum Rande gefüllt ist; die Abnahme des Wassers durch Verdunstung wird dann entweder dem Volum nach durch Maassstäbe oder Messröhren bestimmt oder dem Gewichte nach durch Federwaagen; wo möglich werden die Gefässe in ein grösseres Reservoir mit Wasser bis an den Rand eingesenkt. — Das sich durch seine grosse Einfachheit empfehlende Instrument von Piche ist oben (pag. 88) beschrieben. — Etwas abweichende Construction hat Prestel's Atmometer, bei dem eine oben geschlossene Glasröhre mit Wasser gefüllt und dann mit dem offenen Ende in ein Gefäss mit Wasser eingetaucht wird; nahe unter dem Wasserniveau hat die Röhre eine kleine seitliche Oeffnung; verdunstet das Wasser des Gefässes, und senkt sich in Folge dessen das Niveau, so wird die Oeffnung freigelegt und es tritt Wasser aus der Röhre aus und Luft ein, bis die Oeffnung wieder eben bedeckt ist; dies wiederholt sich bei fortschreitender Verdunstung, und man kann schliesslich an der Glasröhre, die mit einer Theilung versehen ist, einfach ablesen, wie viel Wasser ausgeflossen und aus dem Gefäss verdunstet war. — Ziemlich verbreitet ist Dufour's Siccimeter, welches die Differenz zwischen Regen- und Verdunstungsmenge angiebt. Hier ist ein mit Wasser gefülltes Gefäss auf ein anderes geräumigeres Gefäss aufgesetzt, mit welchem es durch eine Röhre communicirt, die aber mit ihrer oberen Ausmündung etwas über dem Wasserniveau des Auffanggefässes endet; fällt nun mehr Regen, als Wasser verdunstet, so wird das Niveau steigen und der Ueberschuss wird in die Ausmündung der Röhre ein- und in das untere Gefäss abfliessen; dort wird derselbe gemessen; ist dagegen die Verdunstung stärker, so sinkt das Wasserniveau, diese Abnahme wird gemessen und durch neue Füllung des Gefässes wieder ausgeglichen. — Nach einem neueren Vorschlag von Morgenstern soll entweder ein Gefäss als Atmometer dienen, das mit nassem Sande bis an den Rand gefüllt ist, oder eine Platte, die mit einer Scheibe Filtrirpapier bedeckt ist; durch eine mit eigenthümlicher Vorrichtung versehene Bürette wird die verdunstete Feuchtigkeit immer wieder so weit ersetzt, dass sie genau die Oberfläche des Sandes erreicht, resp. das Filtrirpapier benetzt erhält. — Die zuverlässigsten Zahlen für die natürliche Verdunstungsgrösse scheinen noch diejenigen zu sein, welche man in Frankreich an grösseren Verdunstungsbassins erhalten hat, die in einer Fläche von etwa 7 □ m circa 1 Fuss tief in den Boden eingesenkt und inwendig mit Zink ausgekleidet waren. — Betreffs der übrigen Atmometer, sowie der vergleichenden Messungen

Verschiedene Formen von Atmometern.

Construction von Prestel.

Dufour's Siccimeter.

Atmometer von Morgenstern.

Verdunstungsbassins.

zwischen Regenmengen und Verdunstung sei auf die unten angeführte Literatur verwiesen.

Nephoskope.

Die meteorologischen Beobachtungen erstrecken sich ferner noch auf die Wolken, bei welchen die Form, die Geschwindigkeit ihrer Bewegung und ihre Höhe über dem Erdboden unterschieden und mit Instrumenten gemessen wird, die unter dem Namen der Nephoskope in die Meteorologie eingeführt sind. — Mittelst des Cyanometers wird auch die blaue Farbe des Himmels, mit anderen Apparaten die Intensität des diffusen Himmelslichtes bestimmt. — Endlich sind noch die atmosphärische Elektricität und der Erdmagnetismus Gegenstand meteorologischer Beobachtung. Erstere sammelt man durch eine Reihe feiner Spitzen, oder durch die Flamme eines Schwefelfadens, und misst sie alsdann mittelst des Strohhalmelektrometers oder anderer besonderer Apparate. Bei freiem Zenith findet man immer Elektricität; am stärksten bei Nebel und Niederschlägen. Die Factoren, welche auf die Mengen der Elektricität einzuwirken scheinen, sind so zahlreich, dass vorläufig eine einigermassen sichere Deutung und Verwerthung der erhaltenen Resultate nicht möglich ist. — Eine schärfere und zuverlässigere Beobachtung gestatten die Erscheinungen des Erdmagnetismus. Das einfachste Instrument jedoch, mit dem die Untersuchung von Declination, Inclination und Intensität des Magnetismus möglich ist, ist Lamont's Theodolit und selbst dieses entzieht sich durch seine Complicirtheit und Kostspieligkeit dem Rahmen der hier zu beschreibenden Untersuchungsmethoden; zumal da die periodischen täglichen Variationen, sowie die aperiodischen Schwankungen, welche zur Zeit der Nordlichter, der magnetischen Gewitter, am stärksten auftreten, durchaus kein hygienisches Interesse zu berühren scheinen. — Ebensowenig liegen bis jetzt sichere Anhaltspunkte vor, dass — abgesehen vom Blitzschlag — den Differenzen der atmosphärischen Elektricität eine Bedeutung für den Ablauf biologischer Processe zukommt, obwohl die Existenz eines solchen Einflusses häufig vermuthet oder wenigstens als möglich hingestellt wird. —

Beobachtung der atmosphärischen Elektricität und des Erdmagnetismus.

Hygienische Bedeutung des Regens.

Dagegen hat die Bestimmung der Regenmenge (u. event. der Verdunstungsgrösse) ein gewisses hygienisches Interesse; dafür spricht schon der Umstand, dass in den statistischen Nachrichten, welche meteorologische Daten und Erkrankungs- und Sterbefälle zusammenstellen, stets den Verhältnissen der Niederschläge ein hervorragender Platz eingeräumt wird. — So schreibt man z. B. dem Regen das Vermögen zu, die Luft dadurch zu reinigen, dass er vorhandene Krankheitskeime mit niederreisst und entfernt; nach dem Regenfall tritt ferner Wasserverdunstung in ausgedehntem Maasse ein und als Begleiterscheinung derselben vielleicht eine Vermehrung der Elektricität und des Ozons, dem man ebenfalls gern einen günstigen Einfluss auf gewisse Krankheitskeime vindicirt. — Auf bessere Gründe gestützt ist die Ansicht, dass das häufige Aufhören von Epidemieen, welches nach stärkeren Regengüssen unzweifelhaft beobachtet wird, nur indirect mit den Niederschlägen in Zusammenhang steht; und dass vielmehr die Durchfeuchtung der oberen Bodenschichten das eigentlich wirksame Moment bildet. — Diese Hypothese wird bei der Besprechung der Bodenuntersuchung noch eingehender berücksichtigt werden müssen. — Weiterhin ist z. B. die Hygiene dadurch

Die Durchfeuchtung der oberen Bodenschichten.

an der Messung der Niederschläge interessirt, dass die Speisung der unterirdischen Wasserreservoire, aus denen wir den Bedarf für die Wasserversorgungen zu decken haben, mehr weniger direct durch die atmosphärischen Niederschläge erfolgt.

Abhängigkeit der Bodendurchfeuchtung von der zeitlichen Vertheilung der Niederschläge und Nothwendigkeit, diese zu bestimmen

Die gebräuchliche Art der meteorologischen Beobachtung entspricht aber auch hier wiederum nicht den bezeichneten Gesichtspunkten, nach welchen es hauptsächlich darauf ankommen würde, die Abhängigkeit des Wassergehalts des Bodens von der Menge der Niederschläge zu erkennen. Dieser wird zwar zum Theil durch Beschaffenheit des Bodens selbst, durch seine Temperatur, seine Durchlässigkeit bedingt; ferner werden andere atmosphärische Einflüsse mitwirken, z. B. Winde und Wärme, welche die Verdunstung befördern; aber zum wesentlichsten Theil wird immer die Menge der Niederschläge von Einfluss sein, und die Art der Messung derselben müsste wo möglich so erfolgen, dass daraus die Grösse dieses Einflusses auf die Bodendurchfeuchtung abzuleiten wäre. Das ist nun aber durchaus nicht der Fall. Bei den auf den Boden gelangenden Niederschlägen lassen sich 3 Antheile unterscheiden, die ein sehr verschiedenes Schicksal erfahren. Der eine feuchtet die Erdoberfläche an, geht aber durch directe oder von den Pflanzen vermittelte Verdunstung wieder in die Atmosphäre zurück; ein zweiter Theil entgeht der Verdunstung, tropft nach unten ab und durchfeuchtet den Boden; der dritte Antheil fällt auf einen Boden, der schon mit Feuchtigkeit gesättigt, oder zu stark geneigt oder zu compact ist; dieser fliesst, je nach dem Terrain, mehr weniger vollständig oberflächlich ab und den nächsten Flussläufen zu. Die Grösse dieser 3 Antheile wird aber nun ganz ausserordentlich variiren, je nachdem die Regenmenge sich auf eine längere oder kürzere Zeit vertheilt, plötzlich in grossen Massen oder allmählich im Laufe eines ganzen Tages niederfällt; es werden so — unter gleichen sonstigen Bedingungen und bei demselben Boden — sehr verschieden grosse Wassermengen oberflächlich abfliessen, verdunsten und wirklich in den Boden eindringen. Die absolute Menge der in 24 Stunden gefallenen Niederschläge giebt also nur sehr wenig Anhaltspunkte für die Beurtheilung der Bodendurchfeuchtung, sondern um diese hygienisch wichtigste Wirkung der Niederschläge beobachten zu können, müsste vor allem die zeitliche Vertheilung der Niederschläge berücksichtigt werden. Es ist unausbleiblich, dass in manchen Gegenden die Zahlen für die 24stündige Regenmenge durchaus nicht mit der Bodendurchfeuchtung übereinstimmen, während an anderen Orten ein gewisses Zusammengehen beobachtet ist; stimmen doch sogar die Wasserstände der Seine besser mit der Anzahl der Regentage zusammen als mit der Höhe der Niederschläge. —

Auch in dieser Beziehung kann also die gebräuchliche meteorologische Beobachtung das hygienische Interesse nicht vollkommen befriedigen; auch hier ist vielmehr eine Art der Messung nöthig, welche die Niederschlagsmengen als eine Function der Zeit zur Anschauung bringt. Das ist aber nur möglich mit Hülfe von Curven, die von selbstregistrirenden Apparaten gezeichnet sind. —

Literatur. 1) Kerner, Zeitschr. f. Meteor. Bd. 4, p. 17. — Maquenne, Naturforscher 1875 No. 33. — 2) Symons, Rain: How, When, Where Why it is measured, London 1867. — Wollny, Zeitschr. f. Meteor. 1875, p. 242. — 3) Atmometer: Leslie, Ann. of Phil. I 467. — Saussure, Gehler's phys. Wört. I 438. — Mühry, Pogg. Ann. Bd. 113, p. 103. — v. Vivenot, Sitzungsber. d. Wien. Ak. Bd. 43. — Prestel, Zeitschr. f. Meteor. Bd. 1, p. 193. — v. Lamont, Zeitschr. f. Meteor. Bd. 4, p. 81. — Carl's Repert. 1870. — Prettner, Carl's Repert. 1872. — Zeitschr. f. Meteor. 1872, p. 319. — Dufour, sur le siccimètre, Ann. de chim. IV, 23. 78. — Buys-Ballot, Zeitschr. f. Met. 1872, p. 224. — Osnaghi, Zeitschr. für Meteor. 1874, p. 54. — H. Wild, Carl's Repert. 1874, p. 273. — Greiner, Zeitschr. f. Meteor. 1875, p. 254. — Morgenstern, Carl's Repert. 1876, p. 520. — Verhältniss zwischen Regenmenge und Verdunstung: Lamont, Zeitschr. f. Meteor. 1869, p. 241. — Risler, Naturforscher Bd. 2, p. 393. — Hoffmann, Zeitschr. f. Meteor. 1871, p. 177. — Gube, Die Ergebnisse der Verdunstung etc., Berlin 1864. — Dufour, Bullet. de la soc. Voudoise des Scienc. natur. Bd. 10, p. 233, ref. in Zeitschr. f. Met. 1872, p. 8. — Fritsch, Zeitschr. f. Meteor. 1872, p. 125. — Stefan, Versuche über die Verdampfung, Wien. Akad. Anz. 1873 No. 24. — Carl's Repert. 1873. — Nöschel, Zeitschr. f. Met. 1877, p. 316. — Versuche an grösseren Bassins: Ann. des ponts et chausées, sér. 2, Bd. 10. — sér. 3, Bd. 3 und 20. — Vgl. Jelinek, Anleitung, p. 106. — Referate in Wollny, Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturphysik, I, II. — 4) v. Wüllerstorf-Urbair, Zur Bezeichnung der Wolken, Zeitschr. f. Meteor. 1872, p. 1. — Poey, Neue Classification der Wolken, Extrait des Annales hydrograph. 1872. — Zeitschr. f. Meteor. 1874, p. 177. — Feussner, Ueber zwei neue Methoden zur Höhenmessung der Wolken, Pogg. Ann. 1871, 2. — Prestel, Zeitschr. f. Meteor. 1873, p. 182. — Braun, Das Nephoskop zur Messung der Wolkenhöhe und der Geschwindigkeit der Wolken, Zeitschr. f. Met. 1874, p. 257 und 1878, p. 9 u. 178. — 5) Uebersicht der Messmethoden: Volpicelli, Arch. des sciences physiques et naturelles, 1872 Sept. — ref. in Zeitschr. f. Met. 1873, p. 64. — Dellmann, Zeitschr. f. Met. Bd. 4, p. 145. — Bd. 5, p. 145. — Palmieri, Ueber einen Apparat mit beweglichem Conductor zur Beobachtung der Luftelectricität. Carl's Repert. 1870. — 6) Vgl. z. B. Macpherson, Choleratodesfälle, Regenmenge etc. in der Stadt Bombay, Zeitschr. f. Biol. Bd. 4. — Lewis & Cunningham, Cholera in relation to certain physical phenomena. 13. annual report of the Sanitary Commiss. with the Governement of India. — Wasserfuhr, Ueber den Einfluss der Witterung auf die Sterblichkeit in Stettin. Viertelj. f. öff. Ges. Bd. 1. — V. Haselberg, Sterblichkeit u. Regenmenge in Stralsund. Viert. f. öff. Ges. 1872, 3. u. s. w. — Vgl. Capitel „Boden“ u. „Wasser“. — 7) Marié-Davy, Ueber die Verminderung der Wassermenge fliessender Gewässer, Zeitschr. f. Meteor. 1874, p. 145. —

VI. Bestimmung des Ozons.

An den meisten meteorologischen Stationen wird zur Zeit der Ozongehalt der atmosphärischen Luft beobachtet; die dazu angewandten Methoden werden daher passend an dieser Stelle beschrieben, obwohl es sich dabei eigentlich um eine chemische Analyse der Luft handelt. Bestimmung des Ozons.

Ozon ist eine Modification des Sauerstoffs, welcher man die Formel O_3 gegeben hat und welche sich dadurch auszeichnet, dass sehr leicht das dritte Atom Sauerstoff sich loslöst und andere Verbindungen eingeht, während die beiden restirenden Atome als gewöhnliches Sauerstoffmolecül zurückbleiben. Man bezeichnet Ozon auch wohl als activen Sauerstoff; SCHOENBEIN nannte ihn elektronegativen Sauerstoff, im Gegensatz zu einer anderen Modification, die als elektropositiver Sauerstoff oder als Antozon aufgefasst wurde; man hat diese Namen fallen lassen, seitdem man das Antozon als identisch mit dem Wasserstoffsuperoxyd ansicht. Der letztere Körper ist dem Ozon in mancher Beziehung ähnlich und entsteht fast überall da, wo sich Ozon bildet; er ist als Wasser (H_2O) anzusehen, welches noch ein Atom Sauerstoff aufgenommen hat, so dass sich die Formel H_2O_2 ergiebt; dieses Sauerstoffatom wird aber nahezu eben so leicht wie das dritte Atom des Ozons zur Bildung anderer Verbindungen benutzt, indem dann gewöhnliches Wasser, H_2O, zurükkbleibt.[1] — Das Ozon zeichnet sich durch seinen eigenthümlichen Geruch aus; ist bei höherer Temperatur zersetzlich; ist unlöslich in Wasser, während Wasserstoffsuperoxyd eine grosse Affinität zum Wasser besitzt. — Ozon und Wasserstoffsuperoxyd.

Ozon entsteht durch sehr mannigfaltige Processe. Zunächst wenn in Luft oder Sauerstoff Entladung elektrischer Schläge erfolgt, wobei aber vielleicht nur die mechanische Leistung der Entladung in Betracht kommt; dann bei der Elektrolyse des Wassers; bei Verbrennungsprocessen der verschiedensten Art; bei Verdunstung des Wassers, die überall, wo sie in stärkerem Grade vor sich geht, mit Elektricitäts- und Ozonentwicklung verbunden zu sein scheint; endlich durch Reibung der Lufttheilchen, wie solche bei starker Bewegung der Luft stattfindet.[2] — Bildung von Ozon.

Die nämlichen Processe scheinen auch die Ursache des Vorkommens des Ozons in der Atmosphäre zu sein. Fast stets finden sich Spuren von Ozon in freier Luft; daneben beobachtet man sehr häufig bei der Untersuchung der atmosphärischen Niederschläge, des Regens und Schnees, Wasserstoffsuperoxyd; und als dritten begleitenden Bestandtheil gewöhnlich salpetrigsaures Ammoniak, welches wahrscheinlich durch Einwirkung des Ozons auf das atmosphärische Ammoniak entstanden ist. Es wird vermuthet, dass diese drei Körper in grosser Ausdehnung bei den verschiedensten Verbrennungsprocessen entstehen, ähnlich wie dies nachweislich bei der langsamen Verbrennung des Phosphors der Fall ist.[3] — Quellen des atmosphärischen Ozon's.

Von welchen Umständen es abhängt, in wie grosser Menge diese Bestandtheile in der Atmosphäre gebildet werden, lässt sich vorläufig noch nicht übersehen. — Der fortwährenden Production von Ozon steht ausserdem eine fortlaufende Zerstörung desselben durch die verschiedensten oxydablen Stoffe gegenüber; in der Atmosphäre scheinen es namentlich die stets vorhandenen organischen Substanzen zu sein, die mit wechselnder Intensität das neugebildete Ozon zu gewöhnlichem Zerstörung des atmosphärischen Ozon's.

Sauerstoff zu reduciren streben.[1] — Im Ganzen sind somit die Factoren, welche zu dem momentanen Gehalt der Atmosphäre an Ozon beitragen, äusserst zahlreich und in Bezug auf ihren quantitativen Einfluss uncontrolirbar. —

Darstellung von Ozon.

Kleinere Mengen von Ozon kann man leicht künstlich darstellen; jedoch erhält man stets nur geringe und nicht genau bestimmbare Mengen Ozon mit sehr viel Luft oder Sauerstoff gemischt. — Die Methoden zur Darstellung sind folgende: 1) Elektrische Schläge durch Sauerstoff oder Luft, z. B. mittelst des Ruhmkorff'schen Ozon-Erzeugungsapparats; derselbe besteht aus einem tubulirten Kasten von Holz, durch welchen ein Strom von Sauerstoff oder trockener Luft mittelst Aspirators hindurchgeleitet werden kann; im Kasten befinden sich horizontal aufgeschichtete Glasplatten, die mit Stanniol überzogen sind; die Stanniolflächen stehen an ihren Enden mit Klemmschrauben in Verbindung, welche in den Schliessungskreis einer Bunsen'schen Batterie oder eines Funkeninductors eingeschaltet werden.[5] 2) Elektrolyse von (am besten mit Chromsäure) angesäuertem Wasser. 3) Man lässt Phosphor in einem lufthaltigen Gefäss zur Hälfte in laues Wasser eingetaucht liegen. 4) Zerstäubung von Wasser oder aromatischen Substanzen. 5) Einführung eines erhitzten Glasstabs oder einer glühenden Platinspirale in ein Luft- und Aetherdampf enthaltendes Gefäss. 6) Durch langsame Oxydation gewisser Aether, Oele etc. unter dem Einflusse von Luft und Licht bildet sich Ozon, welches von diesen Substanzen absorbirt wird und von ihnen auf andere Körper übertragen werden kann; sie heissen daher „Ozonträger". Dahin gehören Schwefeläther, Chloroform, Terpentin-, Citronen-, Leinöl, verschiedene ätherische Oele, die Blutkörperchen etc. — 7) Wird kalte Luft horizontal gegen die Flamme eines Bunsen'schen Brenners geblasen, so können erhebliche Mengen Ozon gewonnen werden.[6] 8) Lässt man eine Wasserstoff- oder Alkoholflamme unter einem längeren Trichter brennen, so lässt sich an dessen oberer Oeffnung Ozon nachweisen. 9) Kaliumpermanganat (Chamäleon) mit concentrirter Schwefelsäure übergossen, liefert beträchtliche Mengen Ozon. Entweder mischt man drei Theile Säure nach und nach mit zwei Theilen des Salzes, wodurch eine lange Zeit anhaltende Ozonentwicklung entsteht; oder man bereitet eine Mischung von Mangansuperoxyd, Kaliumpermanganat und krystallisirter Oxalsäure, und übergiesst von diesem Pulver zwei Esslöffel voll mit 1—2 Esslöffel voll Wasser. — Ausser der letztgenannten Methode eignet sich namentlich noch die Anwendung der Ozonträger zur raschen und einfachen Darstellung des Ozons. Am besten benutzt man Terpentinöl oder Aether; mit diesen Substanzen erhält man doppelte Ozonquellen; einmal geben sie das absorbirte Ozon ab [jedoch findet sich dasselbe nur dann in ihnen, wenn sie längere Zeit dem Licht ausgesetzt gestanden haben]; zweitens aber können sie erhebliche Mengen Ozon liefern, wenn sie langsamer Verdunstung ausgesetzt werden. Verwendet man den gewöhnlichen Schwefeläther, so wird am besten ein Luftstrom von etwa 4—5 Liter pro Stunde über denselben geleitet und der Aetherdampf dann durch eine auf 100° erwärmte Trockenröhre geschickt.[7] —

Das Ozon zersetzt sich allmählich im Licht schon bei gewöhnlicher Temperatur; in Glasflaschen bei 12° aufbewahrt ist es innerhalb einiger Wochen völlig zerstört.[8] — Ob Wasser Spuren von Ozon aufzunehmen vermag, ist noch zweifelhaft; jedenfalls handelt es sich dabei um äusserst geringe Mengen; im sog. Ozonwasser ist meist nur Untersalpetersäure oder Wasserstoffsuperoxyd gefunden.[9] —

Darstellung von Wasserstoffsuperoxyd.

Wasserstoffsuperoxyd stellt man am einfachsten dar durch Uebergiessen von Bariumsuperoxyd mit verdünnter Schwefelsäure. —

Zur Erkennung des Ozons dienen folgende Reactionen: 1) es

zerstört schon bei gewöhnlicher Temperatur alle organischen Farbstoffe, z. B. Indigo, Lakmus. 2) Feste und gelöste Pyrogallussäure verbrennt es zunächst zu gefärbten Huminsubstanzen, dann zu ungefärbten Endproducten; daher färbt sich ein mit Lösung von Pyrogallussäure benetzter Papierstreif in Ozon erst braun und wird dann gebleicht. 3) Papier mit farblosem Anilin wird braun; Hämatoxylinpapier erst braun, dann farblos; Guajactinctur wird gebläut. 4) Silber wird schon in der Kälte zu Superoxyd oxydirt; Blei ebenfalls, jedoch etwas langsamer; Arsen wird — bei Anwesenheit von Feuchtigkeit — in Arsensäure übergeführt. 5) Die Jodmetalle werden zersetzt, Jod wird frei; ist zugleich Stärke zugegen, so bildet sich blaue Jodstärke. 6) Manganoxydulsalze werden in Mangansuperoxyd verwandelt; Mangansulfatpapier wird daher braun. 7) Schwefelmetalle werden in Sulfate verwandelt; daher bleicht Papier, welches mit Schwefelblei getränkt war. 8) Festes gelbes Blutlaugensalz wird roth (Cyanid); dabei wird es alkalisch und feucht (durch die Wasserabscheidung). 9) Thalliumoxydul wird in schwarzes Thalliumoxyd übergefüht. —[10]

Reactionen des Ozon's.

Zum Nachweis des Wasserstoffsuperoxyds dienen folgende Reactionen: 1) Jodmetalle werden allmählich zersetzt, jedoch langsam und nur bei grösserer Concentration; augenblicklich dagegen und selbst in äusserster Verdünnung, sobald einige Tropfen verdünnter Eisenvitriollösung (etwa $^1/_4$ procentig) zugesetzt werden. Wo möglich ist dabei neutrale Reaction der Flüssigkeit einzuhalten, jedenfalls Säureüberschuss zu vermeiden. 2) Ferridcyankaliumlösung (1 : 1000), frisch bereitet, wird mit verdünnter Eisenoxydsalzlösung bis zur merklichen Braunfärbung versetzt; Wasserstoffsuperoxyd bewirkt dann sofort Blaufärbung. Auch diese Probe erfordert neutrale Reaction. 3) Die Lösung von Wasserstoffsuperoxyd wird angesäuert und dann sehr verdünnte Chamäleonlösung zugefügt; die rothe Farbe der letzteren verschwindet sofort. 4) Indigolösung wird auf Zusatz von Eisenvitriollösung entfärbt. 5) Chromsäurelösung, stark mit Schwefelsäure angesäuert, färbt sich vorübergehend lasurblau. 5) Die Lösung von Wasserstoffsuperoxyd wird mit 1—2 Tropfen verdünntem Bleiessig versetzt; es bildet sich Bleisuperoxyd; setzt man nun ein Jodmetall und verdünnte Essig- oder Salpetersäure zu, so wird sofort Jod frei. 6) Frisch bereitete Guajactinctur (1 % Harz enthaltend) wird durch Wasserstoffsuperoxyd bei Gegenwart von Blutkörperchen oder durch Zusatz von 8—10 Tropfen kalt bereitetem wässrigen Malzauszugs blau gefärbt.[11]

Reactionen des Wasserstoffsuperoxyds.

Unter den angeführten Reactionen des Wasserstoffsuperoxyds finden sich mehrere, bei denen dasselbe als reducirendes Mittel wirkt, indem es ein Atom des Sauerstoffs anderer oxydirter Verbindungen aufnimmt, und in Wasser und 1 Molekül gewöhnlichen Sauerstoff zerlegt wird ($H_2O_2 + O = H_2O + O_2$). Dadurch erhält man verschiedene Reactionen, mittelst derer es leicht ist, Ozon und Wasserstoffsuperoxyd von einander zu unterscheiden; ferner gelingt dies mit Hülfe des Umstandes, dass die Oxydationswirkung des Wasserstoffsuperoxyds bei weitem nicht so kräftig ist wie die des Ozons und meist erst der Vermittlung anderer Substanzen bedarf. — Zur Differential-Diagnose eignen sich namentlich folgende Reactionen:

Differential-Diagnose zwischen Ozon u. Wasserstoffsuperoxyd.

Ozon.	Wasserstoffsuperoxyd.
1) Verwandelt Manganoxydulsalze in Mangansuperoxyd; Mangansulfatpapier wird braun.	1) Entfärbt Permanganatlösung; bleicht das durch Ozon gebräunte Mangansulfatpapier.
2) Verwandelt gelbes Blutlaugensalz (Ferrocyankalium) in rothes (Ferridcyankalium).	2) Reducirt Ferridcyankalium zu Ferrocyankalium.
3) Bräunt Thalliumoxydulpapier.	3) Bleicht das durch Ozon gebräunte Thalliumoxydulpapier.
4) Entfärbt Indigolösung, bläut Guajactinctur sofort.	4) Entfärbt Indigolösung erst nach Zusatz von Eisenvitriol; bläut Guajactinctur erst nach Zusatz von Blut- oder Malzauszug.

Die Mehrzahl der angeführten Reactionen sind jedoch nicht ausschliesslich für Ozon oder Wasserstoffsuperoxyd charakteristisch; sondern eine Reihe von Substanzen, die stark oxydirend zu wirken vermögen, zeigen ähnliches Verhalten. Namentlich sind es freies Chlor und Brom, die bei Gegenwart von Wasser den Sauerstoff des letzteren frei machen und dadurch energische Oxydation hervorrufen, in ganz ähnlicher Weise, wie das Ozon. Ferner kommen der freien salpetrigen Säure (resp. Untersalpetersäure) ähnliche Wirkungen auf einige der angeführten Reagentien zu. —

Unterscheidung zwischen Ozon u. Chlor, Brom, salpetriger Säure;

Um zunächst freies Chlor und Brom von Ozon zu unterscheiden, verwendet man am besten Mangansulfatpapier; auf dieses übt nur Ozon, nicht aber Chlor oder Brom die bräunende Wirkung aus. — Um salpetrige Säure zu erkennen, kann man ebenfalls Manganpapier benutzen, oder aber Thalliumoxydulpapier, welches bei Einwirkung von salpetriger Säure farblos bleibt. Diese beiden Reactionen gelten für alle Fälle; ist aber durch empfindliches Lakmuspapier nachgewiesen, dass keine sauere Reaction in der zu untersuchenden Luft oder Flüssigkeit herrscht, so kann schon deshalb keine freie salpetrige Säure vorhanden sein und nur diese tritt in Bezug auf einige Reactionen mit dem Ozon in Concurrenz.

zwischen Wasserstoffsuperoxyd und Chlor, Brom, salpetriger Säure.

Zuweilen hat man endlich noch ein Interesse daran Wasserstoffsuperoxyd gegenüber Chlor, Brom und salpetriger Säure zu charakterisiren. Dies geschieht für die beiden erstgenannten namentlich durch die sub 4) bei der Vergleichung von Ozon und Wasserstoffsuperoxyd hervorgehobenen Reactionen, welche beim Chlor wie beim Ozon ausfallen; für salpetrige Säure giebt Schönbein folgende Differentialprobe an: Mit Indigotinctur gebläutes Wasser wird mit Salzsäure und Schwefelalkali (= Bildung von Schwefelwasserstoff) versetzt, bis Entfärbung eingetreten ist (Ueberschuss von Schwefelwasserstoff ist zu vermeiden); alsdann bringt eine Spur eines salpetrigsauren Salzes sofort Bläuung hervor; Wasserstoffsuperoxyd aber erst nach dem Zusatz einiger Tropfen Eisenvitriollösung.[12]

Abschätzung der Ozonmenge durch Reagenspapiere.

Für die quantitative Bestimmung des Ozons hat man zunächst die colorimetrische Methode zu verwerthen gesucht. Man benutzt dazu mit Metalllösungen getränkte Papiere, welche durch Ozon eine Farbenveränderung erleiden, und schliesst aus der Intensität der letzteren auf die Ozonmenge. Solche Papiere sind in 3 Modificationen angegeben. Das älteste und noch immer am meisten in Gebrauch befindliche ist

1) Jodkaliumkleisterpapier.

das von Schönbein zuerst empfohlene Jodkaliumkleisterpapier. Dasselbe wird aus Filtrirpapier bereitet, welches mit einer Lösung aus

10 Theilen Stärke, 200 Wasser und 1 Theil Jodkalium getränkt und dann im dunkelen Raume getrocknet ist. Kommt Ozon mit solchem Papier in Berührung, so wird sofort Jod in Freiheit gesetzt; dadurch wird das bis dahin farblose Papier bräunlich; befeuchtet man es alsdann mit Wasser, so tritt sofort die blaue Farbe der Jodstärke auf. Der Grad der Bläuung wird dann mit einer Scala verglichen, die verschiedene Intensitäten von Blau enthält, und der so ermittelte Scalagrad giebt Auskunft über die grössere oder geringere Ozonmenge, die auf das Papier eingewirkt hat. SCHÖNBEIN construirte eine Scala von 10 Graden; den in der Fabrik von KREBS u. KROLL in Berlin angefertigten Ozonpapieren wird eine 16grädige, denen aus der Fabrik der Gebr. LENZ daselbst eine 14grädige Scala beigegeben; viele meteorologische Stationen haben dagegen eine Scala von 4 oder 5 Stufen adoptirt.

Scalen für die Färbungs-intensität.

Gegen das Jodkaliumkleisterpapier sind jedoch eine grosse Reihe berechtigter Einwände erhoben. Erstens wirken noch verschiedene andere Substanzen gleich dem Ozon auf Jodkalium zersetzend ein; und zweitens ist die auf dem Papier eintretende Reaction nicht so prompt, wie es bei quantitativen Analysen verlangt werden muss.

Fehlerquellen beim Gebrauch des Jodkaliumkleister-papiers.

Der Einfluss anderer Stoffe auf das Papier äussert sich nach 2 Richtungen hin; einmal rufen verschiedene Agentien ausser dem Ozon die blaue Färbung hervor. Dahin gehören das Licht, namentlich directes Sonnenlicht; Wasserstoffsuperoxyd, das wenigstens in etwas grösserer Menge dieselbe Wirkung hervorbringt; freie salpetrige Säure, Untersalpetersäure, und salpetrigsaure Salze bei Gegenwart von CO_2; dann noch eine Reihe von flüchtigen organischen Säuren, die in der Atmosphäre zuweilen vorkommen. — Andererseits kann unter dem Einfluss anderer Agentien die durch Ozon gebildete blaue Färbung wieder verschwinden; in dieser Weise wirken z. B. schweflige Säure und Schwefelwasserstoff; vor allem aber tritt häufig eine Verflüchtigung des freien Jods, das sich mit der Stärke nur in loser Verbindung befindet, ein und zwar unter Umständen, die noch nicht hinreichend erforscht sind; es scheint, dass namentlich starker Feuchtigkeitsgrad, hohe Temperatur und lebhafte Bewegung der Luft die Verflüchtigung begünstigen.[13] — In vollkommen trockener Luft kommt dagegen die Reaction überhaupt nicht zu Stande.[14] —

Einwirkung anderer Stoffe.

Verschwinden der Färbung.

Gegen einzelne der bisher aufgezählten störenden Factoren kann man das Papier schützen, so z. B. gegen den Einfluss des Lichtes; andere werden nur in den seltensten Fällen in Betracht kommen, so die schweflige Säure und der Schwefelwasserstoff; bei einigen — z. B. beim Wasserstoffsuperoxyd und der salpetrigen Säure mag man vielleicht die Mitwirkung auf das Papier nicht als störend ansehen, weil ihr Vorkommen

in der Atmosphäre ungefähr dieselbe Bedeutung hat wie das Ozon; immerhin bleibt es doch unmöglich, diejenige Temperatur, Feuchtigkeit und Geschwindigkeit der Luft herzustellen, bei welcher keine Verflüchtigung des Jods stattfindet. Dazu kommt ferner, dass die Reaction bei demselben Ozongrade ganz verschieden abläuft, sobald man anderes Papier benutzt; nur ein- und dasselbe Fabrikat giebt vergleichbare Resultate; endlich aber ist als gewichtigster Einwand noch der zu erheben, dass die Einwirkung der geringen in der Luft enthaltenen Ozonmengen auf das Papier eine durchaus unpräcise ist, so dass sie sich nicht zu einer quantitativen Methode eignet. Die Reaction ist bei weitem nicht so empfindlich, dass sofort jede Spur Ozon durch eine Blaufärbung angezeigt wird; sondern die Papiere müssen der Luft stets längere Zeit ausgesetzt werden. Alsdann findet man aber den Grad der Färbung nicht etwa der Zeitdauer proportional, es tritt nicht um so stärkere Bläuung ein, je länger das Papier der Luft ausgesetzt und mit je mehr Ozon es in Berührung gekommen war, sondern nach einiger Zeit bleibt die Färbung constant, nimmt nicht weiter zu und in sehr vielen Fällen wird sie sogar wieder schwächer. — Worauf dieses Verhalten beruht, ist noch nicht zu entscheiden; möglicherweise findet stets nach einiger Zeit eine Trennung der Jodstärke und Verflüchtigung des Jods statt, die der Neubildung das Gleichgewicht hält. — Meistens wird die Vorschrift angegeben, das Papier so lange zu exponiren, bis das Maximum der Färbung sicher erreicht ist; daher lässt man es mindestens 8 Stunden, gewöhnlich 24 Stunden, der Einwirkung der zu prüfenden Luft ausgesetzt; und aus der dann vorhandenen Intensität der Färbung soll der Ozongehalt der Luft beurtheilt werden.

Verschiedenheit der Reaction bei kleinen Differenzen des Papiers.

Fehlen der Proportionalität zwischen Farbenintensität und Dauer der Einwirkung.

Die so erhaltenen Resultate sind schliesslich in den meisten Fällen nicht einmal unter einander vergleichbar, da die Scalen, nach denen die Färbung gemessen wird, so sehr verschiedene und ganz willkürliche Eintheilung haben. —

Angesichts dieser überaus zahlreichen Mängel der Methode sind vielfache Versuche gemacht, die Ozonoskopie zu verbessern. Die meisten der dahin zielenden Vorschläge halten an der Anwendung der Reagenspapiere zunächst fest, indem sie nur deren Bereitungsweise modificiren.

2) Jodkaliumpapier.

So wählte Fox für seine Versuche reines Jodkaliumpapier, durch Eintauchen von Streifen schwedischen Filtrirpapiers in 10 procentige Jodkaliumlösung und nachfolgendes Trocknen in dunkelem Raume bereitet; Ozon bewirkt Freiwerden von Jod und dadurch Bräunung des Papiers, die nach einer 10stufigen braunen Scala abgeschätzt werden kann. Das Reagens ist viel empfindlicher als Jodkaliumkleisterpapier und die Ablesung kann deshalb nach viel kürzerer Zeit (höchstens zwei Stunden) erfolgen; um etwa gebildetes jodsaures Kali mit in Rechnung zu ziehen, soll das Papier kurz vor dem Bestimmen des Scalagrades mit Weinsteinsäure (1 : 8) besprengt werden. — Die grössere Empfindlichkeit des Reagens wird

aber durch den Nachtheil ungefähr ausgeglichen, der aus der grossen Flüchtigkeit des Jods entspringt; diese ist namentlich bei höherer Temperatur hier noch weit mehr zu fürchten, als beim Jodkaliumkleisterpapier. — Ausserdem verwendet es Fox nur da, wo er die drei „Luftreiniger", Ozon, Wasserstoffsuperoxyd und salpetrige Säure zuzammen bestimmen will, da auch die beiden letzteren die Reaction noch leichter als bei dem SCHÖNBEIN'schen Papier beeinflussen.[15] —

HOUZEAU behielt das Jodkalium als Reagens bei; er suchte aber nicht das frei werdende Jod zu messen, sondern den anderen Bestandtheil, der bei der Einwirkung von Ozon auf Jodkalium gebildet wird, das Kali. Während reines Jodkalium vollkommen neutral reagirt, muss jede Spur freien Kalis sofort erkennbar werden durch die blaue Färbung von empfindlichem Lakmuspapier, und die Farbenintensität muss der Menge des gebildeten Kalis proportional sein. HOUZEAU verwendet daher weinrothes, in äusserst geringem Grade saueres Lakmuspapier, dessen Streifen zur Hälfte in Jodkaliumlösung getränkt werden. Der eine Theil des Papiers muss dann durch Ozon gebläut werden, während der andere Theil unverändert bleibt oder mehr weniger entfärbt wird. — Vor einer Verwechslung mit freier salpetriger oder anderen Säuren ist man bei diesen Papieren geschützt, da jene durch die sauere Reaction erkannt werden würden. — Die Herstellung eines empfindlichen Papiers ist jedoch mit grossen Schwierigkeiten verbunden; ausserdem sind die Farbennüancen nicht leicht zu erkennen, und namentlich ist die Abschätzung nach einer Scala kaum ausführbar, weshalb HOUZEAU selbst das Papier auch nur zum qualitativen Nachweis benutzt.[16] — 3) Jodkalium-lakmuspapier.

In der Absicht, vor allem eine Verwechslung zwischen Ozon und salpetriger Säure unmöglich zu machen, hat SCHÖNBEIN endlich noch das Thalliumpapier zur Ozonoskopie empfohlen. Dasselbe wird in der Weise bereitet, dass zunächst aus schwefelsaurem Thalliumoxydul durch Fällen mit Barythydrat eine Lösung von Thalliumoxydulhydrat hergestellt wird; damit tränkt man dann Filtrirpapier, so dass 1 □cm etwa 0,001 gr Oxydul enthält. Ozon bräunt dieses Papier durch Bildung von Oxyd; salpetrige Säure hat dieselbe Eigenschaft allerdings nicht, vermag aber in geringem Grade das Oxyd zu reduciren; ausserdem zieht das Oxyd leicht Kohlensäure an und wird dadurch unempfindlicher gegen die Ozonwirkung. — Die mit solchem Papier angestellten Versuche sind noch nicht zahlreich, haben aber bisher durchaus andere Zahlen ergeben, als die mit dem Jodkaliumkleisterpapier.[17] 4) Thallium-papier.

Eigentlich ist somit ein zu quantitativen Bestimmungen geeignetes Ozonpapier nicht bekannt. — Gesetzt aber auch, es gelänge, die wesentlichsten Mängel zu beseitigen, die demselben bisher anhaften, so würde dennoch die Art der Ozonbestimmung, wie sie gewöhnlich mittelst der Reagenspapiere vorgenommen wird, nicht im entferntesten als quantitative Methode angesehen werden können. Denn man würde im besten Falle nur ein Maass derjenigen Ozonmenge erhalten, welche zur Einwirkung auf das Papier gelangt ist; daraus ist aber keineswegs ohne weiteres der Ozongehalt der Luft abzuleiten, welcher eigentlich interessirt und bestimmt werden soll. Durch das Exponiren der Ozonpapiere in der freien Atmosphäre erhält man keine anderen Werthe, als wenn man zur Messung der Luftfeuchtigkeit Gefässe mit Schwefelsäure oder Chlorcalcium offen aussetzen würde; aus der Wassermenge, die dort nach einiger

Nothwendigkeit, die Luftmengen zu messen, wenn das Ozon quantitativ bestimmt werden soll.

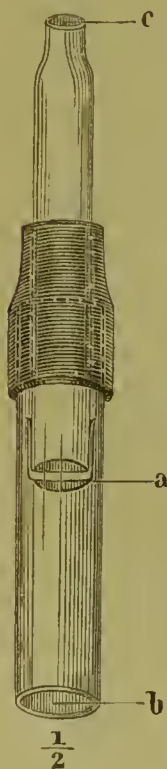
Zeit absorbirt ist, kann nicht etwa der Wassergehalt der Luft erschlossen werden, sondern dieser wird erst dadurch gefunden, dass man auch die Luftmenge misst, die mit den absorbirenden Stoffen in Berührung gekommen ist und dass man Vorkehrungen trifft, um dieser gemessenen Luft ihre gesammte Feuchtigkeit zu entziehen. Ebenso muss auch die Färbung der Ozonpapiere — ganz abgesehen von dem Vorgang der Reaction selbst — durchaus abhängig sein von der Menge Luft, welche mit dem Ozonpapier in Berührung kommt, und von der mehr weniger grossen Vollständigkeit, mit der die ganze Ozonmenge der Luft sich dem Reagens mittheilt. — Es wird daher unbedingt erforderlich sein, die Luft langsam und mit gleicher Geschwindigkeit über das Papier zu leiten und namentlich die Mengen der Luft genau zu messen; nur dann ist die Methode eine quantitative und geeignet, vergleichbare Zahlen zu liefern. —

Versuchsanordnung bei der Ozonoskopie mit Reagenspapieren und gemessenen Luftmengen.

In richtiger Erkenntniss der Nothwendigkeit einer solchen Versuchsanordnung haben die Beobachter an verschiedenen meteorologischen Stationen, besonders in Frankreich und England, bereits seit mehreren Jahren mit gemessenen Luftmengen operirt. — Dabei wird dann entweder noch das Ozonpapier benutzt; oder aber man abstrahirt völlig von dessen Verwendung und sucht das Ozon durch Wägung oder volumetrische Messung zu bestimmen. —

Die Ozonpapiere — Jodkaliumkleister- oder auch Houzeau'sche Jodkaliumlakmuspapiere — werden zu dem Zweck nach Wolffhügel's Vorschlag in eine „Ozonbüchse" von beistehender Form (Fig. 34) eingeschlossen. Dieselbe besteht aus zwei in einander gesteckten Glasröhren; die äussere ist circa 12 mm weit, die innere 8 mm; beide sind durch ein Stück starken Kautschukschlauch mit einander verbunden. Das weitere Rohr ist aussen geschwärzt; das innere trägt über der Oeffnung *a* einen lose aufgelegten Streifen Reagenspapier; sein anderes Ende *c* wird mit Gasuhr und Aspirator in Verbindung gesetzt. Als letzterer kann ein Bunsen'scher Sauger fungiren, oder wenn weder dieser noch eine Gasuhr zur Verfügung stehen, kann ein mit Wasser gefülltes Fass von bekanntem Volum zur Aspiration und Messung der Luft dienen. Der Ausfluss des Aspirators wird so geregelt, dass die Luft höchstens mit einer Geschwindigkeit von 0,5 m pro Sec. durch die Oeffnung *c* ein und über das Papier wegströmt. — Die Ozonbüchse muss unmittelbar an dem Orte placirt sein, dessen Luft auf ihren Ozongehalt geprüft werden soll, da auf dem Wege durch längere Glasröhren oder Kautschukschläuche das Ozon in erheblichem Grade zerstört wird. —

Fig. 34.



Apparat zur Ozonmessung.

Zu der zweiten Art von quantitativen Bestimmungsmethoden des Ozons, bei welchen man von der Anwendung der Ozonpapiere ganz abgesehen hat, sind Lösungen von solchen Metallsalzen oder färbenden Stoffen benutzt, die durch Ozon dauernd verändert werden; lässt man durch eine bestimmte Menge einer derartigen Lösung von bekanntem Gehalt die ozonhaltige Luft hindurchtreten, so wird nach Beendigung des Versuchs eine geringere Menge jener durch Ozon veränderlichen Substanz gefunden werden, und die Differenz giebt ein Maass des zur Action gelangten Ozons. —

Quantitative Ozonbestimmung durch Titrirung.

Leider ist es auch hier schwierig, eine Substanz zu finden, welche nur durch Ozon, aber durch keine anderen Bestandtheile der Luft alterirt wird und dabei hinreichend empfindlich auf das Ozon reagirt. SCHÖNBEIN benutzte eine Indigolösung, deren Gehalt vor und nach dem Durchleiten mittelst Kaliumchlorats festgestellt wurde; Andere versuchten Jodkaliumlösung anzuwenden und entweder deren Jod-Gehalt zu titriren oder sie mit Schwefelsäure in bekannter Menge zu versetzen und dann zu ermitteln, wie viel von dieser durch das aus dem Jodkalium frei gemachte Kali neutralisirt sei.[18] Am besten scheint sich eine Lösung von arsenigsaurem Kali bewährt zu haben; man kann deren Gehalt nach THÉNARD mit Chamäleonlösung vor und nach dem Durchleiten der Luft bestimmen und aus der Differenz erkennen, wie viel Ozon die Bildung von Arsensäure veranlasst hat; oder man lässt die Ueberführung der arsenigen Säure in Arsensäure durch Jod bewirken, welches seinerseits durch Ozon in Freiheit gesetzt ist. In letzterer Form wird die Methode seit Jahren auf dem Observatorium zu Montsouris (Paris) angewandt; die Details der dort üblichen Bestimmungsweise sind folgende: Die durch den Aspirator angesogene Luft wird durch eine passend geformte Vorlage geleitet, welche mit einer Mischung von 20 cc destillirtem Wasser, 2 cc Lösung von arsenigsaurem Kali (0,73 gr pro 1 Liter) und 1 cc Lösung von reinem Jodkalium gefüllt ist. Der Eintritt der Luft erfolgt durch ein Platinrohr, welches den Kork der Vorlage durchbohrt und bis unter das Flüssigkeitsniveau reicht. Täglich zur gleichen Stunde wird der Aspirator angehalten; das durchgeleitete Luftvolum notirt; dann der Kork mit dem Platinrohr vorsichtig abgehoben, abgetropft und bei Seite gelegt, und darauf die Flüssigkeit in der Vorlage mit 20 Tropfen einer gesättigten Lösung von kohlensaurem Ammoniak und 1 cc einprocentigem Stärkekleister versetzt. Dann lässt man zu dieser Mischung aus einer fein graduirten Bürette Jodlösung (1 : 1000) tropfen; bald tritt die Farbe der Jodstärke auf, die aber anfangs immer kurz nach dem Entstehen wieder verschwindet; sobald die erste bleibende Violettfärbung eingetreten ist, hört man mit dem weiteren Jodzusatz auf. Man spült nun noch die Platinröhre in der Flüssigkeit ab und fügt, wenn dadurch die Farbe sich verändert haben sollte, nochmals eine geringe Menge Jodlösung zu. Die Zahl der verbrauchten Cubikcentimeter Jodlösung wird abgelesen und notirt; dann wird sogleich dieselbe Flüssigkeit hergestellt, aus eben so viel destillirtem Wasser, arsenigsaurem Kali, Jodkalium, kohlensaurem Ammoniak und Stärke, und ebenfalls mit Jodlösung titrirt; man erfährt dadurch den ursprünglichen Gehalt derselben; und die Differenz zwischen beiden Titrirungen ergiebt diejenige Menge von arsenigsaurem Kali, welche durch Ozon in Arsensäure verwandelt war; und daraus ist die Sauerstoff- resp. Ozonquantität zu berechnen, welche die durchpassirte Luft enthielt.[19] —

Einleiten der Luft in Indigolösung,

in arsenigsaures Kali.

Methode von Montsouris.

Wie ersichtlich, sind diese quantitativen Bestimmungen des Ozons nicht gerade

einfach und erfordern complicirtere Vorrichtungen und sorgfältiges Arbeiten. Ausserdem sind aber auch diese Methoden nicht vorwurfsfrei. Sie vermeiden zwar viele Fehler der Reagenspapiere, so namentlich die Möglichkeit einer späteren Verflüchtigung des Jods; aber sie schützen ebensowenig wie jene vor dem Einfluss accessorischer Luftbestandtheile. Auch diesem Einwand hat man freilich zu begegnen gesucht dadurch, dass man die Luft erst durch Kalilauge geleitet hat, welche die stickstoffhaltigen Beimengungen zurückhält; oder indem z. B. die untersuchte Luft in zwei gleiche Portionen getheilt wird, in deren einer man Ozon und die ähnlich reagirenden Körper gemeinsam auf Ferrocyankaliumlösung oder andere oxydable Stoffe einwirken lässt, während man in der anderen Portion das Ozon zunächst durch Platinschwarz oder Chamäleon zerstört und dann erst in dieselbe titrirte Lösung einleitet; die Differenz der Wirkung beider Luftportionen ist dann lediglich auf Ozon zu beziehen.[20] — Ferner aber ist die enorme Verdünnung, in der sich das Ozon in der atmosphärischen Luft findet, ein Einwand gegen die Brauchbarkeit dieser Methoden. Bei den Untersuchungen in Montsouris wurde im Mittel der täglich im Laufe eines Jahres angestellten Analysen 2 mgr Ozon in 100 C.-M. Luft gefunden. Dieses Luftvolum repräsentirt demnach die allerkleinste Menge, bei der eine noch einigermassen merkbarer Ausschlag gegenüber den uns zu Gebote stehenden Methoden möglich ist. Stündlich müssen also mindestens 4 C.-M. = 4000 Liter Luft die titrirte Flüssigkeit passiren; daraus ergiebt sich aber eine solche Geschwindigkeit des Luftstroms, dass eine nur annähernd vollständige Absorption des vorhandenen Ozons höchst unwahrscheinlich wird.

Fehler der Titrirmethoden.

Vergleichende Bestimmungen mit dem Reagenspapier und mit der Titrirmethode.

Eine in Montsouris angestellte Vergleichung zwischen den Resultaten der Titrirmethode und den Angaben des Jodkaliumkleisterpapiers ergab zwar — wie dies nicht anders zu erwarten — keine extreme Differenzen, wohl aber zahlreiche Abweichungen einzelner Durchschnittszahlen; so fand sich für die Stufe 10 weniger Ozon wie für die Stufe 8; für 20 weniger als 18; die Grade 11, 12, 13 zeigten die gleiche Ozonmenge, ebenso 8 und 9, 14 und 16.[21] —

Quantitative Bestimmung des Wasserstoffsuperoxyd's.

Die quantitative Bestimmung des Wasserstoffsuperoxyds erfolgt nach Schöne bei sehr verdünnten Lösungen am besten colorimetrisch durch Jodkalium und Stärkewasser; oder — wenn keine reducirenden Substanzen vorhanden sind — durch Titriren mit Chamäleon; oder auch nach Houzeau mittelst eines Verfahrens, welches seiner oben beschriebenen Methode zur Ozonbestimmung ähnlich ist.[22] —

Hygienische Bedeutung des Ozon's.

Trotz der vielfachen Bemühungen zahlreicher Forscher ist es demnach bisher nicht gelungen, eine befriedigende Methode der Ozonbestimmung zu finden. Wenn aber ungeachtet dieses negativen Resultates im Vorstehenden die Irrfahrten der Ozonoskopie so ausführlich beschrieben sind, so hat dies seinen Grund in der ungemessen hohen hygienischen Bedeutung, welche dem Ozon von vielen Seiten zugeschrieben wird. — Offenbar kann aber eine solche Anschauung sich eigentlich nur auf Beobachtungsresultate stützen, für welche quantitative Analysen unentbehrlich sind; und da letztere vorläufig nicht ausgeführt werden können, so fehlt schon deshalb den Hypothesen über den Einfluss des Ozons jede sichere Basis. — Will man aber dennoch den Resultaten, die mit den bisherigen fehlerhaften Methoden gewonnen sind,

nicht jeden Werth absprechen, so bieten auch diese durchaus keine Anhaltspunkte für eine besondere sanitäre Bedeutung des atmosphärischen Ozons. An manchen meteorologischen Stationen sind die Beobachtungen bereits länger als 20 Jahre fortgesetzt, ohne etwas anderes ergeben zu haben, als dass namentlich bei starkem Winde, dann auch bei häufigem Regen sich vermehrter Ozongehalt zeigt; ferner pflegen sich oft im November und im Juli Minima zu zeigen; an anderen Orten dagegen fällt das Minimum in den September, das Maximum in den Februar.[23] — Von einem annähernden Parallelismus mit dem Auftreten der Infectionskrankheiten ist keine Rede; man hat gelegentlich auch wohl Minima zur Zeit von Epidemieen beobachtet; ebensolche und noch stärkere Minima aber auch zur Zeit der geringsten Morbidität und ebenso Maxima während der heftigsten Epidemieen.[24]

Resultate der bisherigen Ozonoskopie.

Versuche an Thieren haben bisher nur giftige Eigenschaften des Ozons erkennen lasssen.[25] — In der Luft der Wohnungen wird niemals Ozon gefunden; hier sind stets und unvermeidlich organische Stoffe vorhanden die das Ozon der Atmosphäre zerstören; dass vorhandene Krankheitskeime in höherem Grade wie die übrigen organischen Bestandtheile, die unsere stete Umgebung bilden, eine Affinität zum Ozon entwickeln; oder dass der weitaus grösste Rest von organischer Substanz, welcher selbst bei reichlichstem Ozongehalt der Atmosphäre nicht zerstört wird, unschädlich ist — dafür liegt nicht der mindeste auf Experiment oder Erfahrung gegründete Beweis vor.

Nothwendigkeit einer exacteren Beobachtungsmethode, wenn die hygienischen Beziehungen des Ozon's klar gestellt werden sollen.

Sollen derartige Beweise geschafft werden, so kommt es zunächst darauf an, die Methode der Beobachtung zu vervollkommnen; und möglichst exacte Versuche mit gemessenen Luftmengen sind an einzelnen Orten fortzusetzen, um an deren Resultaten zu prüfen, ob ein hygienisches Interesse die Verallgemeinerung der Analysen erfordert.

Unbedingt zu verwerfen sind dagegen die jetzt so verbreiteten Beobachtungen mit den Ozonpapieren, soweit man dieselben nicht lediglich als qualitative Reagentien benutzt. — Zu den Messungen der Temperatur, des Luftdrucks etc., für welche man die denkbar genauesten Instrumente und die peinlichsten Cautelen verlangt, bildet die moderne Ozonoskopie einen seltsamen Contrast; und es ist zu hoffen, dass die meteorologischen Stationen bald eine Methode von ihrem Programm streichen, deren Resultate der Wissenschaft nicht Vortheil, sondern durch die Anregung zu grundlosen Speculationen nur Schaden bringen können.

Literatur. 1) Ueber Geschichte des Ozons vgl.: Meissner, Untersuchungen über den Sauerstoff, Hannover 1863. — Oldling, Monit. scient. 1873. — Fox, Ozone and Antozone, London 1873. — 2) Radulocoitsch, Chem. Berichte Bd. 7. p. 1454. — St. Pierre, Bullet. de la Soc. Chim. 1861. — Morin & St. Edme, Compt. rend. Bd. 57, p. 720. — Gorup-Besanez, Liebig's Ann. 1872. — Lender,

Deutsche Klinik 1872. — Baxendall, Zeitschr. f. Meteor. 1878, p. 208. — Lender, Zeitschr. f. Meteor. 1878, p. 301. — 3) Schönbein, Zeitschr. f. Biol. Bd. 2. — Carius, Liebig's Ann. Bd. 174. — Chem. Ber. Bd. 7, p. 1481. — Göppelsröder, Journ. f. prakt. Ch. Bd. 4, p. 139. — Weith & Weber, Chem. Ber. Bd. 7, p. 1745. — Berthelot, Naturf. 1877, p. 97. — Schoene, Chem. Ber. 1878. — Kern, Chem. News 1878. — Struve, N. Petersb. Akad. Bullet. Bd. 15, p. 325. — Zeitschr. f. anal. Chem. Bd. 8, p. 315. — Bd. 10, p. 292. — Bd. 11, p. 25 — 4) Palmieri, Compt. rend. 1872. — Wolffhügel, Zeitschr. f. Biolog. Bd. 11, p. 430 ff. — Ruhmkorff, Les Mondes 28, 12. — Ref. in Carl's Repert. 1872. — Cossa, Zeitschr. f. anal. Ch. Bd. 6, p. 24. — Siemens'sche Inductionsröhren: Pogg. Ann. Bd. 102, p. 120. — 6) Loew, Zeitschr. f. Chem. N. F. 1870. — 7) Wolffhügel, l. c. — 8) Berthelot, Compt. rend. 1878 Bd. 86. — Carius, Chem. Ber. Bd. 5, p. 520. — Bd. 6, p. 806. — Boettger, Chem. Centralbl. 1872, p. 111 u. 275. — Rammelsberg, Chem. Ber. Bd. 6, p. 603. — Schoene, Chem. Ber. Bd. 6, p. 1228. — 10) Schönbein, Journ. f. prakt. Chem. Bd. 86, 72. — Sitzungsber. d. K. Bayr. Ak. d. Wiss. 1864, II. — 11) Schönbein, Zeitschr. f. anal. Ch. Bd. 1. — Göttinger Nachr. 1868, p. 254. — Journ. f. prakt. Ch. Bd. 118, 262. — Zeitschr. f. Biol. Bd. 4. — Boettger, Jahresber. d. physik. Ver. zu Frankfurt 1871/72. — Schoene, Zeitschr. f. analyt. Chem. Bd. 14, p. 89. — 12) Schoenbein, Journ. f. prakt. Chem. Bd. 92, p. 150. — 13) Cloëz, Compt. rend. Bd. 43, 38. — Berigny, ibid. Bd. 44, p. 1104. — Pless u. Pierre, Wien. Akad. Ber. 22, 211. — Zenger, ibid. 24, 78.— Heldt, Chem. Centralbl. 1862, 886. — Begemann, Arch. f. Pharm. 113, 1. — Fremy, Compt. rend. Bd. 61, 939. — Weltzien, Liebig's Ann. Bd. 138, p. 129. — Daubeny, Chem. Soc.-Journ. 2, V. — Huizinga, Journ. f. prakt. Chem. Bd. 102, 193. — Andrews, Pogg. Ann. 1874, No. 6. — Vgl. Fox, l. c. — Wolffhügel, l. c. — Léwy, Annuaire de l'observatoire de Montsouris 1878. — 14) Engler & Nasse, Liebig's Annal. Bd. 154, p. 215. — 15) Fox, l. c. — 16) Houzeau, Compt. rend. Bd. 45, p. 873. — Naturforsch. 1872, p. 361. — 17) Schönbein, Sitz. d. K. Bayr. Ak. d. Wiss. 1864. — Huizinga, Journ. f. prakt. Chem. Bd. 102, p. 193. — 18) Schönbein, Journ. f. prakt. Ch. Bd. 56, 349. — Baumert, Pogg. Ann. Bd. 89, p. 38. — Zenger, l. c. — Houzeau, Compt. rend. 66, 44. — Liebig's Ann. Bd. 86, p. 265. — Cossa, Zeitschr. f. anal. Ch. Bd. 6, p. 24. — Thenard, Compt. rend. 1872, 176. — 19) Léwy, l. c. — 20) Tommasi, Chem. News Bd. 29, p. 284. — 21) Léwy, l. c. — 22) Schöne, Zeitschr. f. anal. Ch. Bd. 18, 1879, p. 133. — 23) Mackereth, Proc. Manch. Soc. 1868/69. — Boehm, Wien. Akad. Ber. 1858. — Ebermayer, Zeitschr. f. Met. 1873, p. 342. — Berichte von Haller, Oeffinger, Prestel (17jährige Beob. in Emden), Karlinski (20jährige Beob. in Krakau), Prettner (20jähr. Beob. in Klagenfurt), Zeitschr. f. Meteor. 1874. — Zittel, Ozongehalt d. Wüstenluft, ibid., p. 301. — Mackereth, Z. f. Met. 1875, p. 209. — Lender, Tagebl. der Hamburger Naturforscher-Vers. 1876. — Ebermayer, Industrieblatt 1873, p. 348. — 24) v. Pettenkofer, Ozon u. Cholera, Berl. klin. Woch. 1873, 3. — Pincus, Viertelj. f. ger. Med. 1873, 2. — Bourdel, rech. sur les fièvres palud. 1868. — Grellois, Rev. médicale 1868, p. 99. — Lissauer, Ueber Ozon u. Antozon, Danzig 1864. — Lehmann, Zeitschr. f. Med., Chir. etc. N. F. Bd. 4. — Baring, Hannöv. Zeitschr. f. pr. Heilk. 1866. — Schreiber, Wien. medic. Presse 1872. — Frommhold, Pesther med. chir. Presse 1873. — Hammerschmied, Das Ozon etc. Wien 1873. — 25) Schwartzenbach, Verh. der phys. med. Ges. zu Würzburg, I. 322. — Häcker, Ueber den Einfluss etc. Riga 1863. — Dewar & Mc Kendrick, Proc. Edinb. Roy. Soc. 1873—74. — Ireland, Edinburgh med. Journ.

1863. — Assmuth, Ueber die Einwirkung von Wasserstoffsuperoxyd etc. Dorpat 1864. — Stoehr, Arch. f. klin. Med. Bd. 3, p. 421. — 26) Heaton, Burder, s. Fox, l. c. — Houzeau, Compt. rend. 46, 89. — Lüdicke, Thür. Corr.-Bl. III. und IV, p. 57. — Wolffhügel, l. c.

VII. Selbstregistrirende Apparate.

An den grösseren meteorologischen Stationen werden zur Zeit vielfach selbstregistrirende Apparate benutzt. Da im Vorstehenden bereits mehrfach auf das grosse Interesse hingewiesen werden konnte, welches die Hygiene an den Ergebnissen dieser Art der Beobachtung zu nehmen hat; da aber ein erfolgreiches Operiren mit irgendwelchen Resultaten kaum möglich ist, wenn man nicht die Methode einigermassen kennt, der man die Resultate verdankt, so möge hier eine kurze Beschreibung der verbreitetsten selbstregistrirenden Instrumente folgen. — Von einer detaillirteren Erklärung derselben muss jedoch, bei der äusserst grossen Anzahl der in den letzten Jahren empfohlenen verschiedenartigen Constructionen, selbtsverständlich abgesehen werden. —

Registrirende Thermometer.

Photographische Aufzeichnung.

Um Thermometer registrirend zu machen, hat man an einigen Stationen die photographische Methode benutzt; durch diese wird der Stand der Quecksilbersäule auf einem photographischen Papier kenntlich gemacht, welches mittelst einer rotirenden Trommel mit bestimmter Geschwindigkeit an dem Thermometer vorübergeführt wird. Diese Einrichtung setzt aber der Beobachtung zur Nachtzeit Schwierigkeiten entgegen und daher ist viel allgemeiner jetzt die Methode der elektrischen Registrirung eingeführt.

Elektrisch registrirendes Metallthermometer.

Dieselbe hat z. B. an dem Metallthermometer von Hipp folgende Einrichtung. Eine thermometrische Spirale ist an ihrem inneren Ende befestigt, am äusseren trägt sie einen leichten, zuerst nach oben gehenden und dann horizontal umgebogenen Messingzeiger. An dem freien Ende dieses Zeigers ist ein spitzer Stahlstift eingelassen. Kurz vor dem Ende geht der Zeiger durch den Schlitz eines Messingstäbchens, so dass, wenn dieses Stäbchen niedergedrückt wird, die Spitze des Zeigers eine Bewegung nach unten macht; dabei trifft dieselbe dann auf eine Rolle Papier und macht auf diesem einen Eindruck; der Papierstreifen wird durch einen gleich zu beschreibenden Mechanismus in gleichmässiger Weise auf einer Walze fortgeschoben. Je nach der augenblicklichen Temperatur wird der Zeiger länger oder kürzer, die Spitze desselben mehr weniger weit vorgeschoben sein; je nach der Temperatur erhält

daher der Papierstreifen den Eindruck des Stiftes höher oder tiefer. — Die Häufigkeit, mit der solche Eindrücke sich auf dem abrollenden Papierstreifen markiren, wird nun regulirt durch einen elektrischen Strom. Alle 10 Minuten wird der Strom einer Säule von 3—6 grossen mit Kochsalz und Alaun gefüllten Zink-Kohlebechern durch Vermittlung einer guten Pendeluhr geschlossen, und durch die Windungen eines Elektromagneten hindurchgesandt; über letzterem befindet sich ein Anker, der mit dem geschlitzten Messingstäbchen verbunden ist; sobald nun der Elektromagnet in Thätigkeit gesetzt wird, wird der Anker und das Messingstäbchen niedergezogen, dadurch aber zugleich der Zeiger des Metallthermometers herabgedrückt und so der Papierrolle ein Eindruck von dem Stahlstift übermittelt. Wird dann der Strom wieder unterbrochen, so erhält nunmehr eine Feder das Uebergewicht, und diese bewirkt, dass ein Sperrhaken aus einem Zahnrade herausfällt, welches dann um einen Zahn weiter gedreht wird; das Zahnrad ist aber auf der Achse der Papierwalze befestigt, so dass dadurch zugleich das Papier um ein bestimmtes Stück fortgeschoben wird. Somit erhält beim nächsten Niedergang des Ankers eine neue Stelle des Papiers die Marke, um dann sofort wieder um ein bestimmtes Stück weiter gerollt zu werden. — Man erhält also eine Reihe von höher oder tiefer gelegenen Punkten auf dem abgewickelten Papierstreifen, welche die Temperaturen von 10 zu 10 Minuten repräsentiren.

Elektrisch registrirendes Quecksilber-Thermometer.

In ähnlicher Weise kann man auch Quecksilberthermometer mit elektrischer Registrirung verbinden; die Röhre derselben ist alsdann offen; ein Platindraht ragt in dieselbe hinein, ein anderer geht in die Kugel; von Zeit zu Zeit wird der obere Draht herabbewegt; in dem Moment, wo er die Quecksilberoberfläche berührt, wird ein Strom geschlossen und dadurch ein Mechanismus im Gang gesetzt, der die Markirung vermittelt.[1]

Einfachste Form der registrirenden Thermometer.

Die Hipp'sche Construction ist noch zu vereinfachen dadurch, dass man statt der Spirale ein einfaches Zinkrohr von ca. 2 m Länge und 1 cm Durchmesser benutzt, dessen Ausdehnung durch doppelte Hebelübertragung etwa 20 mal vergrössert wird, so dass die Excursion der Spitze für je einen Temperaturgrad über einen Millimeter beträgt. Die Registrirung kann einfach durch das Schlagwerk einer gewöhnlichen Schwarzwälder Uhr veranlasst werden, so dass die Herstellungskosten für ein registrirendes Thermometer äusserst geringfügig werden (nach Zech nur 14—35 Mark).[2]

Beobachtung der Sonnenstrahlung durch Registrirapparate.

Auch die Sonnenthermometer sind neuerdings vervollkommnet. Mit dem oben beschriebenen Vacuumthermometer konnte man nur das Maximum der Sonnenstrahlung bestimmen; während daraus kein Schluss auf die Summe von Wärme zu ziehen war, die zu verschiedenen Zeiten durch Strahlung mitgetheilt wird. Durch selbstregistrirende Instrumente sucht man vor allem auch die Zeitdauer zu ermitteln, während welcher die Sonne scheint. Allegret benutzt dazu eine Uhr, welche nur geht, so lange sie vom Sonnenschein getroffen wird; indem nämlich Dämpfe in einer geschwärzten Kugel durch die Sonnenstrahlen stärker erwärmt werden als in einer farblosen Kugel, setzen sie eine Flüssigkeitssäule in Bewegung und bewirken zu-

gleich die Auslösung eines Uhrwerks; dessen Unruhe kommt dagegen zum Stillstand, sobald die stärkere Erwärmung der schwarzen Kugel aufhört. — Andere Apparate der Art sind von Campbell und von Violle construirt; letzterer verwirft das jetzt gebräuchliche Vacuumthermometer gänzlich und will es durch zwei Thermometer ersetzt wissen, deren Gefässe sich in je einer kupfernen Kugelschale befinden; die Hülle des einen soll geschwärzt, die des anderen vergoldet sein. — In Montsouris werden auch Thermosäulen für diese Beobachtungen benutzt, und die Resultate ausserdem nach Formeln reducirt, welche den Höhenwinkel der Sonne, die Neigung der Strahlen gegen den Horizont und den Grad der Durchsichtigkeit der Luft berücksichtigen, so dass alsdann die Annahme gemacht werden kann, als ob das Actinometer alle Sonnenstrahlen empfinge.[3] —

Erwähnt sei noch das Tiefseethermometer von Neumayer, bestimmt, um in grösseren Meerestiefen die Temperatur zu registriren. Dies soll dadurch geschehen, dass der Stand des Quecksilbers an der Stelle photographirt wird, deren Temperatur gemessen werden soll, und zwar beim Scheine des Lichtes von Geissler'schen Röhren.[4] — Auch die oben beschriebenen Regnault'schen Weingeist- resp. Luftthermometer sind leicht mit Selbstregistrirung zu verbinden. —

Neumayer's Tiefseethermometer.

Um die Angaben des Barometers aufzeichnen zu lassen, benutzt man entweder wiederum die photographische Methode; oder man lässt auf dem Quecksilber des offenen Schenkels eines Heberbarometers einen leichten Schwimmer sich bewegen, der mittelst eines Stiftes die Schwankungen auf einem vorbeirollenden Papierstreifen aufzeichnet; oder der Zeiger eines Aneroïdbarometers wird mit einer ähnlichen Vorrichtung in Verbindung gebracht, wie das registrirende Metallthermometer;[5] oder endlich man verwendet eine besondere Form des Barometers, die neuerdings unter dem Namen „Waagebarometer" immer weitere Verbreitung gefunden hat.[6] Bei demselben hängt das ganze Barometerrohr an dem einen Arm eines Waagebalkens; das Rohr selbst ist dünn, hat aber am oberen Ende eine starke Erweiterung, so dass die darin enthaltene Quecksilbermasse selbst bei geringen Schwankungen des Niveau's dennoch erheblich variirt. Unten taucht das Rohr in ein grösseres offenes Gefäss mit Quecksilber. Bei erhöhtem Luftdruck steigt das Quecksilber im Rohr; gleichzeitig fällt es im Gefäss, so dass das Rohr weniger tief eintaucht; dadurch wird das Gewicht des ganzen Rohrs erhöht und der Waagebalken also stärker belastet. An dem letzteren ist nun ein dünner federnder Zeiger mit markirender Nadel angebracht, die in ähnlicher Weise wie beim registrirenden Thermometer, die Schwankungen des Waagebalkens aufzeichnet.

Registrirende Barometer.

Verschiedene Arten der Registrirung.

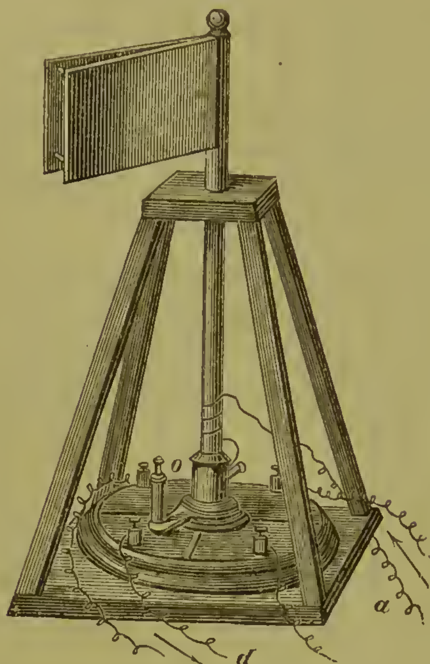
Waagebarometer.

Bei den grösseren Meteorographen ist Gefäss und Rohr des Waagebarometers gewöhnlich aus Eisen und in beträchtlichen Dimensionen construirt. — Schreiber hat mit einem solchen Barometer zugleich ein automatisch aufzeichnendes Luftthermometer verbunden. — Ueber Theorie und Modificationen des Waagebarometers s. Literatur.

Für die Registrirung der Windrichtung ist von Secchi die in

Windrichtungsautograph von Secchi; Fig. 35 abgebildete Vorrichtung angegeben. Am Fusse der Windfahnenstange befindet sich eine Feder *o*, und diese schleift bei den Bewegungen der Fahne auf der darunter liegenden Scheibe. Letztere ist in 4 oder 8 Sectoren getheilt; so lange die Feder einen Sector berührt, so lange öffnet und schliesst sich abwechselnd ein elektrischer Strom, der in der üblichen Weise die Aufzeichnung einer Reihe von Strichen, in bestimmtem Abstande von einander, bewirkt, so dass auf dem Papier eine kleine Strichsäule entsteht. Sobald die Feder einen anderen Sector berührt, werden auf einer anderen Papierrolle Striche gezeichnet; und aus der Länge dieser Strichsäulen ist dann die Dauer jeder einzelnen Windrichtung zu entnehmen.

Fig. 35.



Windrichtungs-Autograph.

von Piche. Piche bestimmt die Windrichtung in origineller Weise dadurch, dass die Fahne fest mit einem Gefäss verbunden ist, das stets bis zur gleichen Höhe mit Wasser erfüllt gehalten wird, unten aber einen Auslauf hat; die getheilte Scheibe des Secchi'schen Instruments wird ersetzt durch acht gesonderte leere Gefässe, die ebenso vielen Windrichtungen entsprechen; diese werden je nach dem Stand der Fahne durch den Auslauf des oberen Gefässes gefüllt, und aus der Wassermenge in jedem ist dann die Dauer der einzelnen Windrichtung zu entnehmen.[7]

Registrirende Anemometer. Zur Aufzeichnung der Windstärke und Windgeschwindigkeit werden die oben beschriebenen Anemometer mit einem elektrisch registrirenden Zählwerk verbunden, was z. B. dadurch geschieht, dass an einem der Zahnräder ein Vorsprung angebracht wird, der einmal bei jeder Umdrehung die Schliessung eines elektrischen Stromes bewirkt und damit die Markirung auslöst. Bei dem Robinson'schen Schaalenkreuz erfolgt diese Auslösung des zeichnenden Apparats gewöhnlich jedesmal, wenn 1 km Wegstrecke vom Winde zurückgelegt ist.[8]

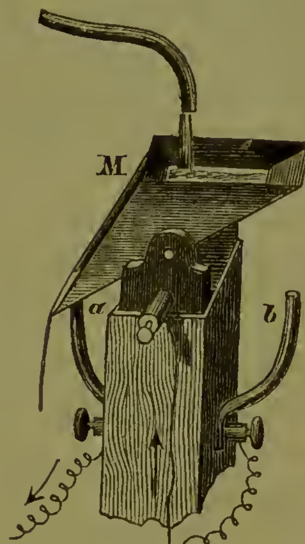
Registrirende Hygrometer u. Psychrometer. Auch der Feuchtigkeitsgehalt der Luft kann durch die messenden Apparate selbst aufgeschrieben werden. Am einfachsten lässt sich dies bei den Haarhygrometern erreichen, deren Zeiger mit einem Registrirapparat verbunden wird. Aber auch die Angaben des Psychrometers sind entweder photographisch oder durch folgende complicirtere Vorrichtung registrirbar zu machen: zu bestimmter Zeit werden in die offenen Thermometerröhren Platindrähte allmählich herabbewegt; die Berührung des Quecksilbers vermittelt wieder die Markirung durch Schliessung eines Stromkreises. Diese erfolgt dann aber bei dem feuch-

ten Thermometer später als bei dem trockenen, und zwar um so viel später, je tiefer dort das Quecksilber steht; aus der Differenz der beiden Markirungen ist also der Feuchtigkeitsgehalt der Luft leicht zu entnehmen.[9]

Die Niederschläge werden in der Art gemessen, dass zunächst mittelst eines grossen Trichters der Regen gesammelt und von da in ein engeres Gefäss geleitet wird, in dem sich ein Schwimmer befindet; dieser registrirt die Menge des Regens. Um zugleich aber auch die Zeitdauer zu messen, während welcher diese Quantität gefallen ist, wird der sog. schwingende Nachen benutzt (Fig. 36). Derselbe pendelt auf einer Querachse und hat in seiner Mitte, entlang dieser Achse, eine Scheidewand; eines der dadurch gebildeten zwei Fächer steht immer unter dem Auslauf eines Auffanggefässes; ist das Fach gefüllt, so sinkt es nieder und entleert sich, während zugleich das andere sich füllt. Beim Niedergehen trifft nun jede Hälfte des Nachens auf einen Vorsprung (*a*, *b*), der mit einem elektrischen Stromkreis in Verbindung steht; letzterer wird somit bald bei *a*, bald bei *b* geschlossen, während er in der Zwischenzeit, wenn die Berührung mit dem Nachen aufgehoben ist, geöffnet wird. Mittelst der üblichen Uebertragung markiren sich diese Stromunterbrechungen durch kleine Striche; und aus der Länge der entstehenden Strichsäule kann die Zeitdauer abgelesen werden, während welcher die Niederschlagsmengen gefallen sind.[10]

Selbstregistrirende Apparate zur Messung der Niederschläge.

Fig. 36.



Apparat zur Messung der Regenzeit.

Alle diese registrirenden Apparate können dann zu einem einzigen grossen Meteorographen vereinigt werden, wie solcher zuerst von Secchi construirt und auf der Pariser Weltausstellung 1867 ausgestellt war. — Seitdem ist man noch einen Schritt weiter gegangen, und lässt die Angaben der einzelnen Instrumente nicht nur durch Punkte und Linien markiren, sondern lässt sofort die Zahlen drucken, in denen wir die Ablesungen der meteorologischen Instrumente anzugeben pflegen, so dass direct das Journal für jeden Tag von den Apparaten selbst geschrieben wird. — So erfolgt bei Theorell's selbstdruckendem Meteorographen „die Registrirung des Thermometers, des Barometers und des Psychrometers mittelst elektrischer Ströme, welche durch die Berührung zwischen dem Quecksilber in den verschiedenen Instrumenten und Stahldrähten, die sich in die Röhren derselben herabsenken, geschlossen werden. Diese Stahldrähte sind mittelst Hebel und dreier verticaler Schrauben jeder mit einem entsprechenden System von messingenen Rädchen in Verbindung, welche an ihrer Peripherie eingravirte Ziffern tragen. Eine Drehung der Räder ruft eine nach auf- oder abwärts gerichtete Bewegung der Stahldrähte hervor, so dass der Punkt der Scala, bei welchem sich das untere Ende

Meteorographen.

des Stahldrahtes befindet, nothwendigerweise mit jenem übereinstimmt, der durch die Zahl angezeigt wird, welche zu derselben Zeit am obersten Punkte des entsprechenden Rades erscheint. — Ein elektro-magnetischer Motor setzt die drei an ihrem Umfang die Zahlen tragenden Rädersysteme, und zwar eines nach dem anderen in Bewegung, bis die zugehörigen Stahldrähte das Quecksilber in den entsprechenden meteorologischen Instrumenten erreicht haben, worauf der oben erwähnte elektrische Strom die Bewegung augenblicklich hemmt, so dass in Folge dessen alle drei Stahldrähte in der Stellung stehen bleiben, wo sie mit ihren unteren Enden die Quecksilberoberfläche in den betreffenden meteorologischen Instrumenten berühren. — Die Zahlen, welche somit auf den bezifferten Rändern an der höchsten Stelle erscheinen, sind genau jene, welche die Höhe des Quecksilbers im Barometer und den zwei Thermometern anzeigen; und nun wirkt derselbe elektro-magnetische Motor auf einen Druckapparat, welcher, nachdem er etwas Farbe (Schwärze) auf die Typen gebracht hat, einen Papierstreifen gegen die Räder andrückt. — Wenn dies geschehen ist, dann werden die Stahldrähte neuerdings durch den Motor heraufgezogen, und diese Bewegung hört auf, sobald eine gewisse Entfernung von der Quecksilberoberfläche erreicht ist, wo sodann alles für die nächste Beobachtung bereit ist. — Der Zwischenraum von einer Beobachtung zur nächsten beträgt $^1/_4$ Stunde. — Da die Uhr, welche die Zeit der Registrirungen bestimmt, nicht aufgezogen zu werden braucht, indem das Instrument selbst die Spannung der Hauptfeder alle Viertelstunden wieder herstellt, so bleibt sie so lange im Gang, als die treibende Kraft, nämlich der elektrische Strom, unterhalten wird; und da der angewendete Papierstreifen für volle drei Monate ausreicht, so ist es einleuchtend, dass dies der Zeitraum ist, innerhalb dessen das Instrument ganz sich selbst überlassen werden kann."[11] (Nach CARL's Repert. 1871.)

Bedeutung der selbstregistrirenden Apparate für hygienische Untersuchungen.

Für hygienische Untersuchungen hat jedoch dieser druckende Meteorograph keine besonderen Vorzüge vor den oben beschriebenen Apparaten, die nur Punkte und Striche markiren. Denn gerade die auf solche Weise gewonnene graphische Darstellung der Resultate erscheint vorzugsweise geeignet, um die Beziehungen zwischen meteorologischen Einflüssen und biologischen Processen erkennen zu lassen.

Dadurch dass mittelst der graphischen Methode die Beobachtungsresultate in fortlaufenden Curven und bezogen auf die Zeit als Abscisse dargestellt werden, bieten sich beispielsweise folgende Vortheile:

Vortheile der graphischen Darstellung der Resultate.

Man erhält zuverlässige Mittel, welche durchaus proportional sind dem Integralwerth, d. h. der Gesammtsumme aller Einzelresultate. — Das Mittel wird dadurch gewonnen, dass man den Inhalt der Curve mit dem Planimeter ausmisst und die so gemessene Fläche durch die Länge der Abscisse dividirt; das Resultat giebt dann die mittlere Ordinatenhöhe; oder noch einfacher dadurch, dass man die von der Curve begrenzte Fläche wägt und dann durch das bekannte Gewicht der Flächeneinheit und die Länge der Abscisse dividirt. (S. den Anhang.)

Diese Mittel oder auch die Integralwerthe kann man sowohl für die einzelnen Tage wie für die verschiedenen Tagesstunden mit derselben Leichtigkeit erhalten, und kann ebenso Summen von Tagen oder ein-

zehnen Tagesabschnitten beliebig zum Vergleich herausgreifen. Dadurch ist es möglich, die charakteristischen Perioden von extremer Temperatur von abnormem Luftdruck etc. zu finden und einen präcisen Ausdruck für ihre Wirkung während einer bestimmten Zeit zu erhalten; es kommen nicht nur die momentanen Extreme zur Beobachtung, sondern als zweiter gleich wichtiger Factor wird die Dauer der Einwirkung derselben in Betracht gezogen. Neben dem Einfluss der Lufttemperatur lässt sich ferner der thatsächliche Effect der Strahlung berücksichtigen; nicht nur der Feuchtigkeitsgehalt der Luft kann bestimmt werden, der für sich allein weniger Interesse hat, sondern dadurch, dass man die Gesammtmenge der absoluten Feuchtigkeit während eines beliebigen Zeitabschnitts abzieht von der Summe der maximalen Feuchtigkeit, welche durch die Temperatur derselben Zeit gegeben ist, gewinnt man auch einen Maassstab für die Verdunstungsgrösse, welche der Wassergehalt der Luft innerhalb jener Epoche gestattet hat. Ebenso kann die durchschnittlich herrschende Windrichtung nur unter Zuhülfenahme zeitmessender Apparate ermittelt werden; und so ist auch der specielle Effect der Niederschläge, ihr muthmasslicher Einfluss auf die Bodendurchfeuchtung etc. nur zu erkennen, wenn man sie als Function der Zeit darstellt.

Dazu kommt, dass die Curven einen Einblick auch in die kleinsten zeitlichen Schwankungen der Vorgänge in unserer Atmosphäre gewähren; man vermag charakteristische Formen der Uebergänge, Abschnitte mit stärkeren oder geringeren Differenzen zu unterscheiden, welche die periodische Beobachtung nicht erkennen lässt.

Somit bieten die Curven der selbstregistrirenden Apparate ein Material, das sich in ganz vorzüglicher Weise eignet, um Vergleichungen mit den statistisch festgestellten Schwankungen der Morbidität und Mortalität auszuführen und Krankheitsursachen aus dem Chaos der meteorologischen Daten zu isoliren. Der Ausführung dahin zielender wissenschaftlicher Untersuchungen stehen keine erheblichen Schwierigkeiten entgegen, da an der Mehrzahl der grösseren Stationen bereits Curven gezeichnet werden und diese sich leicht vervielfältigen lassen; ausserdem sind die Kosten für die Herstellung der wichtigsten registrirenden Instrumente nicht so hoch, dass dadurch eine noch weitere Einführung derselben verhindert werden könnte. — Oertliche und zeitliche Differenzen können dann zu Angriffspunkten für vergleichende Untersuchungen dienen; die letzteren werden im Allgemeinen mehr Aussicht auf Erfolg bieten und werden gewiss in nicht zu ferner Zeit eine Coïncidenz gewisser Morbiditätsbewegungen mit meteorologischen Processen erweisen, falls diese überhaupt eine messbare Wirkung auf jene zu äussern im Stande sind. — Ohne die absolute Freiheit der Combination, die Vollständigkeit

und die Anschaulichkeit, welche die Curven gewähren, wird es dagegen kaum gelingen, derartige bis jetzt noch verdeckte ätiologische Beziehungen zu finden und überzeugend nachzuweisen.

Literatur. 1) v. Lamont, Hülfsmittel zur Registrirung der Lufttemperatur. Carl's Repert. 1870. — Secchi, Zeitschr. f. Met. Bd. 2, p. 457. — Wild & Hasler, ibid., p. 471. — Osnaghi, Carl's Rep. 1870. — Zeitschr. f. Met. 1873, p. 120. — Report of the Meteor. Comm. of the Roy. Soc. for the year 1870. — Salleron, Zeitschr. f. Met. Bd. 3, p. 409. — Hipp, ibid., Bd. 6, p. 104. — Jelinek, Carl's Rep. 1870. — Hervé-Mangon, Dingler's Pol. J. Bd. 228. — 2) Zech, Das selbstregistr. Therm. des Polytechnikums in Stuttgart. — Carl's Rep. 1870. — 3) Allegret, Les Mondes Bd. 33, p. 437. — Campbell, Nature, Bd. 16, p. 259. — Zeitschr. f. Meteor. 1877, p. 368. — Rosetti, Zeitschr. f. Met. 1878, p. 420. — Violle, Revue scient. 1878, 944. — Annal. de chim. et de phys. 5. X. 1877. — Zeitschr. f. Met. 1878, p. 436. — Die Instrumente des Observatoriums in Montsouris, Zeitschr. f. Met. 1876, p. 293. — 4) Neumayer, Zeitschr. f. Met. 1872. — 5) Hipp, Zeitschr. f. Met. Bd. 4, p. 386. — Salleron, ibid., Bd. 3, p. 341. — Hough, ibid. 1874, p. 273. — Redier, ibid., 1876, p. 91. — Whitehouse, Proc. Roy. Soc. Bd. 19, p. 491. — 6) Handle, Theorie der Waagebarometer, Carl's Rep. 1870. — Radau, desgl., ibid. — Wild, Carl's Rep. 1871. — Schreiber, ibid. 1872, p. 245–317. — ibid. 1873. — ibid. 1875, p. 1. — ibid. 1878, p. 471. — Hasler & Escher, Carl's Rep. 1873. — ibid. 1875, p. 98. — ibid. 1876, p. 539. — Sprung, Zeitschr. f. Met. 1877, p. 305. — Bruhns, Resultate aus den meteor. Beob. im Königr. Sachsen 1871, p. 58. — 7) Schön, Carl's Rep. 1872. — Piche, Bull. de la soc. des sc., lettres et arts de Pau 1872–73. — ref. Zeitschr. f. Met. 1873, p. 299. — 8) Hipp, Carl's Rep. 1870. — ibid. 1875, p. 398. — Brusotti, ibid., Bd. 5, p. 298. — Ragona, ibid. — Moritz, Carl's Rep. 1874, p. 457. — Cator, Proc. Brit. Met. Soc. III. 49. — Whipple, Zeitschr. f. Met. 1874, p. 267. — Schultze, Carl's Rep. 1878, p. 293. — 9) Vivian, Rep. of the Brit. Assioc. for the advanc. of science 1869. — Secchi, Zeitschr. f. Met. Bd. 2. — 10) Beckly, Zeitschr. f. Met. 1871, p. 129. — Hough, ibid., 1874, p. 93. — Secchi, l. c. — Osnaghi, Zeitschr. f. Met. Bd. 5, p. 269. — 12) Secchi, l. c. und in P. Reis, Lehrb. d. Physik (m. Abbildungen). —van Rysselberghe, Zeitschr. f. Met. 1875, p. 48. — Theorell, Carl's Rep. 1871. — Zeitschr. f. Met. 1875, p. 245.

B. Chemische Analyse der Luft.

Die atmosphärische Luft ist ein inniges Gemenge von Stickstoff, Sauerstoff, Wasserdampf, Kohlensäure und kleinen Quantitäten anderer Gase. Der Wasserdampf kommt in sehr wechselndem Mengenverhältniss vor, gewöhnlich aber macht er nur etwa 1% der Luft aus, so dass also 100 Liter Luft ca. 1 Liter Wasserdampf enthalten. Die Kohlensäure nimmt einen noch weit geringeren Raumtheil ein, nämlich nur 0,04% im Mittel; 100 Liter Luft enthalten durchschnittlich 0,04 Liter Kohlensäure, 1 Liter Luft enthält 0,0004 Liter. — Die übrigen Gasarten sind in kaum messbaren Quantitäten der Luft beigemengt. —

Bestandtheile der atmosphärischen Luft.

Die Hauptbestandtheile sind demnach Stickstoff und Sauerstoff; und zwar sind in 100 Liter von Wasserdampf und Kohlensäure befreiter Luft 21 Liter Sauerstoff und 79 Liter Stickstoff enthalten. Wird dies Mengenverhältniss nach Gewicht angegeben, so werden die Zahlen etwas verändert, da 1 Liter Sauerstoff schwerer wiegt als 1 Liter Stickstoff; in 100 gr Luft findet man nämlich 23,2 gr Sauerstoff und 76,8 gr Stickstoff.

Zu den Gasarten, die häufig, wenn auch in sehr geringer Menge, der Luft beigemengt sind, gehört das Ozon, dessen Verhalten bereits in einem früheren Capitel besprochen wurde; dann das Ammoniak, welches namentlich durch Zersetzung organischer Substanz an der Erdoberfläche entsteht und selten völlig in der Atmosphäre vermisst wird; ferner salpetrige Säure, die häufig das Ammoniak begleitet. Gehen reichlichere Zersetzungen organischer Substanz vor sich, so mengen sich auch Kohlenwasserstoffe, flüchtige Säuren, Kohlenoxyd der Luft bei; in der Nähe menschlicher Wohnungen sind es ausserdem namentlich schweflige Säure, Schwefelwasserstoff und flüchtige stickstoffhaltige Verbindungen, die theils als die Verbrennungsproducte der Steinkohlen, theils durch die Zersetzung der Abfallstoffe und Excremente als Luftbestandtheile auftreten. — In einzelnen Fällen findet man endlich noch die allerverschiedensten chemischen Verbindungen, bald in Gasform, bald in Form kleinster fester Partikelchen in der Luft, die durch gewisse Gewerbe und Industriezweige derselben mitgetheilt werden; und zuweilen kommt es vor, dass Menschen der Einwirkung von Luftarten ausgesetzt sind, die, wie z. B. die Minen- und Cloakengase, in ihrer Zusammensetzung kaum mehr eine Aehnlichkeit mit der freien atmosphärischen Luft haben. —

Im Folgenden kann die Bestimmung des Sauerstoff- und Stickstoffgehalts der Luft nur kurz angedeutet werden; dagegen erfordern die Methoden zur Analyse der

Kohlensäure eine ausführliche Erörterung; an diese wird sich dann noch eine Besprechung der wichtigsten Methoden anreihen, welche auf den Nachweis der häufiger vorkommenden Beimengungen der Luft gerichtet sind, während die Untersuchung der durch specielle Fabrikationszweige verursachten Verunreinigungen später im speciellen Theil abzuhandeln ist. —

I. Bestimmung des Sauerstoffs und Stickstoffs.

Bestimmung des Sauerstoff- und Stickstoff-gehalts der Luft.

Die quantitative Analyse der beiden wesentlichsten Componenten der Atmosphäre kann nur mittelst gasometrischer Methoden ausgeführt werden, zu deren richtiger Anwendung eine grössere Uebung in Laboratoriumsarbeiten durchaus erforderlich ist. Es soll daher hier nur der Gang der Analyse skizzirt werden; für Diejenigen, welche solche Bestimmungen ausführen wollen, sind die unten angeführten speciellen Anleitungen zur Gasanalyse unentbehrlich.[1]

Entnahme einer Luftprobe.

Die zur Untersuchung bestimmte Luft wird in trockenen Glasflaschen von 100—500 cc Inhalt gesammelt. Man füllt dieselben dadurch, dass man entweder mittelst eines Aspirators eine Zeit lang Luft durchsaugt, oder einfacher mit Hülfe eines kleinen Blasebalgs, dessen Spitze durch einen Ansatz von Kautschuck- und Glasrohr bis auf den Boden der Flasche reicht und den man an dem Orte, dessen Luft untersucht werden soll, so lange wirken lässt, bis die frühere Luft der Flasche sicher verdrängt ist; oder endlich dadurch, dass man die Flasche mit Quecksilber füllt, am Orte der Untersuchung ausgiesst und so die zu analysirende Luft eintreten lässt. — In jedem Falle ist dann die Flasche sogleich zu verschliessen mit einem doppelt durchbohrten Kork; in beiden Bohrungen stecken Glasrohre, deren obere Enden Kautschuckschläuche und an diesen gut schliessende Quetschhähne tragen. Soll nun von der eingefüllten Luft eine Portion zum Zweck der Analyse entnommen werden, so verbindet man das Ende des einen Kautschuckschlauches oberhalb des Quetschhahns mit einem kleinen Trichter, das des anderen mit einer unten hakenförmig gekrümmten Glasröhre; durch den Trichter giesst man Quecksilber ein; sobald man dann die Quetschhähne geöffnet hat, verdrängt das einströmende Quecksilber ein entsprechendes Luftvolumen, das aus dem Glasrohr entweicht; die zuerst ausströmende Luft benutzt man nicht zur Untersuchung, weil sie noch mit der im Glasrohr ent-

haltenen Aussenluft vermischt sein würde, sondern bringt das eigentliche Untersuchungsgefäss erst dann über die hakenförmige Krümmung der Röhre, wenn man sicher sein kann, dass nunmehr lediglich Inhalt der Flasche austritt.

Ausmessung des zu analysirenden Luftvolums.

Das Untersuchungsgefäss — Gasmessrohr oder auch Eudiometer genannt — besteht aus einer starken Glasröhre, die an einer Seite rund zugeschmolzen, und welche mit feiner Graduirung versehen ist, so dass der Zwischenraum zwischen je 2 Theilstrichen einem Volumen von 0,1 oder 0,2 cc entspricht. Diese Röhre wird mit Quecksilber gefüllt und zwar mit grosser Vorsicht, so dass keine Luftblasen im Quecksilber zurückbleiben; dann wird sie an ihrem offenen Ende mit dem Finger oder durch eine aufgelegte Glasplatte geschlossen, umgekehrt und in eine grössere Wanne mit Quecksilber eingetaucht, in welcher ein geeignetes Stativ die Röhre derart fixirt, dass ihre Mündung immer unter der Quecksilberoberfläche, aber etwas oberhalb des Bodens der Wanne sich befindet. — Man kann nun leicht die krumm gebogene Glasröhre der Sammelflasche in die Mündung des Gasmessrohres hineinbringen und eine gewisse Menge der zu untersuchenden Luft darin aufsteigen lassen. Es kommt dann zunächst darauf an, das Volumen der abgesperrten Luft an der feinen Theilung der Röhre möglichst genau abzulesen. Die gewölbte Oberfläche des Quecksilbers erschwert allerdings eine präcise Ablesung, doch ist der hierdurch mögliche Fehler dadurch zu umgehen, dass man ihn für eine jede Messröhre durch genaue Beobachtung ermittelt, und danach die späteren Ablesungen jedesmal corrigirt. —

Entfernung des Wasserdampfs u. der Kohlensäure.

Hat man auf diese Weise ein genau gemessenes Volum atmosphärischer Luft über Quecksilber abgesperrt, so lassen sich nun die einzelnen Bestandtheile derselben durch gewisse Substanzen entfernen; und aus dem Maasse, in welchem das Luftvolum dabei eine Verkleinerung erfährt, erhält man eine quantitative Bestimmung jener einzelnen Gasarten. — Nur in den seltensten Fällen bestimmt man durch solche gasometrische Methoden Kohlensäure- und Wassergehalt der Luft; meist entfernt man vielmehr diese beiden Gase gleichzeitig dadurch, dass man eine Kugel von Aetzkali, die an einen Platindraht angeschmolzen ist, durch das Quecksilber hindurch bis in den Luftraum führt; diese Kugel absorbirt allen Wasserdampf und alle Kohlensäure; wenn man sie wieder herausgeführt hat, wird daher das Luftvolum ein wenig geringer geworden sein, und man erhält so das Maass trockener und kohlensäurefreier Luft, welches eigentlich auf seine Zusammensetzung aus Sauerstoff und Stickstoff untersucht werden soll. — Dies geschieht dann dadurch, dass man eine Substanz einführt, die sehr begierig den Sauerstoff an sich reisst und der Luft entzieht. Eine solche ist die Pyrogallussäure [$C_6H_3(OH)_3$], welche

Absorption des Sauerstoffs.

sich bei Gegenwart von Alkalien auf das energischeste mit Sauerstoff verbindet und dann zu Oxalsäure, Essigsäure etc. oxydirt wird. Man bereitet daher eine Lösung von etwa 1 Theil Pyrogallussäure in 5 Theilen Wasser und andererseits eine concentrirte Kalilösung (1 : 2). Alsdann tränkt man entweder eine Papiermaché-Kugel mit beiden Lösungen und führt diese, ähnlich wie die Kalikugel, in die Luft ein, oder man bringt die Lösungen mittelst einer dazu besonders construirten Pipette nach einander auf die Quecksilberoberfläche der Messröhre. — Ist der Sauerstoff auf diese Weise vollkommen entfernt, so wird nun das Luftvolum ein erheblich geringeres geworden sein; die Differenz gegenüber der vorausgegangenen Ablesung ergiebt direct die Menge des vorhanden gewesenen Sauerstoffs; das zurückbleibende Volum repräsentirt die Menge des Stickstoffs. — Bei den Berechnungen ist dann natürlich, wie bei allen Gasanalysen, sorgfältig auf Temperatur, Barometerstand und Feuchtigkeitsgrad Rücksicht zu nehmen. —

Andere Methoden zur Entfernung des Sauerstoffs.

In neuerer Zeit war diese hauptsächlich von LIEBIG eingeführte Methode in Misscredit gekommen, weil nachgewiesen wurde, dass bei der Absorption des Sauerstoffs durch pyrogallussaures Kali Bildung von Kohlenoxyd eintritt, also von einer anderen Gasart, welche ihrerseits das Volumen im Messrohr verändern muss. Es scheint jedoch, dass dieser Fehler nur in Gasgemischen, die höheren Sauerstoffgehalt haben als atmosphärische Luft, und auch dann stets in sehr geringem Grade zur Geltung kommt.[2] Als fernere Absorptionsmittel des Sauerstoffs, welche ebenfalls mehr weniger zur quantitativen Analyse geeignet sind, hat man Phosphor[3], ferner Chlor[4], und zuweilen auch Stickoxyd[5] oder Eisenoxydul[6] angewandt. — Sehr genau kann man endlich den Sauerstoffgehalt noch dadurch ermitteln, dass man die Luft in einer Messröhre sammelt, in welche Platindrähte eingeschmolzen sind oder in die eine Spirale von Palladiumdraht hineinreicht.[7] Man lässt dann eine gemessene Menge Wasserstoffgas zu der Luft zutreten und darauf durch diese Mischung den elektrischen Funken hindurchschlagen. Der vorhandene Sauerstoff wird sich dabei unter Explosion mit einem Theile des Wasserstoffs zu Wasser vereinigen; da 2 Volumina Wasserstoff mit 1 Volum Sauerstoff Wasser bilden, so wird das Luftgemenge, welches aus der zu untersuchenden Luft und der zugefügten Menge Wasserstoff bestand, durch die Bildung des flüssigen Wassers um ein Volumen vermindert sein, welches zu $^1/_3$ aus Sauerstoff bestand; und somit ist aus der ganzen Volumverminderung leicht zu berechnen, wie viel Sauerstoff im Messrohr enthalten war und wie viel Stickstoff darin zurückgeblieben ist. — Der Stickstoff kann niemals direct, sondern immer nur als Rest, welcher nach Entfernung der übrigen Gase zurückbleibt, bestimmt werden, da derselbe zu inactiv ist und erst bei höheren Temperaturen einiges Vereinigungsstreben zu anderen Elementen zeigt. —

Hygienische Bedeutung der Schwankungen im Sauerstoffgehalt der Atmosphäre.

Trotz der eminenten Bedeutung der Luft und speciell des Sauerstoffs für alle biologischen Processe ist die quantitative Analyse der beiden Hauptbestandtheile der Atmosphäre doch nur ausnahmsweise im hygienischen Interesse erforderlich. Geringe Schwankungen des Sauerstoffgehalts der Luft scheinen ohne Einfluss auf die Respiration zu sein; die Luft zeigt aber überall eine ausserordentliche Constanz der Zusammen-

setzung, so dass wirksame Differenzen im Sauerstoffgehalt höchst selten vorkommen. Ein gefahrdrohender Einfluss der Sauerstoffverminderung wird namentlich in grosser Höhe über dem Meeresniveau bei Bergbesteigungen und Luftballonfahrten beobachtet; hier wirkt dann nicht sowohl die Verringerung des Luftdrucks, als vielmehr diejenige des Sauerstoffs, welche letztere nicht nur proportional der Luftdruckabnahme vor sich geht, sondern in noch etwas höherem Grade, da der Druck des specifisch schwereren Sauerstoffs rascher absinken muss als der des specifisch leichteren Stickstoffs. — Einzelne Beobachter haben zwar auch den geringfügigeren Differenzen der Sauerstoffmenge eine gewisse Bedeutung beilegen wollen; man hat berechnet, wie viel Sauerstoff bei verschiedenen Temperaturen, verschiedenem Barometerstand und Feuchtigkeitsgrad pro Jahr von einem Menschen eingeathmet wird; und da sich hiebei ergiebt, dass eine Verschiedenheit des Klima's scheinbar erhebliche Differenzen in der Sauerstoffaufnahme — nämlich bis zu 140 Kilo pro Jahr — bedingen kann, so hat man geglaubt diese Unterschiede nicht als unwesentlich vernachlässigen zu dürfen. Im Verhältniss zur Gesammtaufnahme sind aber diese anscheinend grossen Zahlen viel zu geringfügig, als dass ihnen nach dem Standpunkt der heutigen Erfahrungen auch nur die Möglichkeit einer Wirkung beigemessen werden könnte. — Zuweilen erfordern dann noch Untersuchungen gewisser hygienisch interessanter Luftarten, z. B. der Bodenluft, der Minengase etc. ein genaueres Eingehen auf die Zusammensetzung derselben und eine Bestimmung des Sauerstoffs und Stickstoffs nach den oben angedeuteten Principien.[8] —

Literatur. 1) Bunsen, Gasometrische Methoden. Braunschweig, Vieweg. 2. Aufl. 1877. — Winkler, Anleitung zur chemischen Untersuchung der Industriegase. Freiberg 1876. — Liebig, Ann. d. Chem. u. Pharm. 77. 107. — Reichardt, Zur Gasanalyse, Zeitschr. für anal. Ch., Bd. 5, p. 67. — Cooke, Neue Form des Eudiometers, Sillim. americ. Journ. (II). Bd. 44. — Russell, Journ. of the Chem. soc. 17. 238. — Holland, Zeitschr. f. anal. Chemie, 8. 447. — Parry, Chemic. News, 24. 282. — Winkler, Zeitschr. f. anal. Ch. 12. 89 u. 191. — ibid. 13. 16. — Mohr, ibid 12. 290. — Aron, Dingler's Polyt. Journ. 217. 220. — Raoult, Compt. rend. 82. 844. — Bunte, Journ. f. Gasbel. 1877. 447. — 2) Cloëz, Compt. rend. 57. 870. — Boussingault, ibid. 57. 885. — Poleck, Die chemische Natur der Minengase etc. Berlin 1867. — 3) Lindemann, Zeitschr. f. anal. Ch. 18. 158. — Hart, Chem. News, 19. 253. — Comaille, Zeitschr. f. anal. Ch. 8. 451. — 4) Mitscherlich, Zeitschr. f. anal. Ch. 6. 136. — 5) Scheurer-Kestner, Bull. de la soc. industr. de Mulhouse 1868. — Civilingenieur Bd. 15. — 6) Vogt, Journ. f. prakt. Ch. N. F. 7. 358. — 7) Coquillion, Compt. rend. 83. 394. — 8) Bauer, Zusammensetzung der Luft in verschiedenen Höhen, Pogg. Ann. Bd. 135. — Escherich, die quantitativen Verhältnisse des Sauerstoffs der Luft verschieden nach Höhenlage und Temperatur etc. Bayer. ärztl. Int. Bl. 1876. — P. Bert, Compt. rend. 79. 911. — Ucke, Die quantitativen Verhältnisse des Sauerstoffs der Luft in verschiedenen Klimaten, Zeitschr. f. Met. 1875. 32. — Jolly, Abh. d. K. Bayr. Ak. d. Wiss II. Cl. Bd. 13. 1878. —

II. Bestimmung der Kohlensäure.

Bestimmung der Kohlensäure der Luft.

In einzelnen seltenen Fällen ist es zweckmässig, die Kohlensäure eines Gasgemenges mittelst des oben beschriebenen gasometrischen Verfahrens zu bestimmen, indem man der vorher getrockneten Luft die Kohlensäure durch eine Kalikugel entzieht und die dadurch bewirkte Volumenverminderung misst. Praktisch ist diese

auf gas-analytischem Wege;

Methode z. B. bei dem Wachlert'schen Apparat zur Kohlensäurebestimmung im Leuchtgas verwerthet, wo die Absorption durch festes Aetzkali in Stangen erfolgt; und bei dem Apparat von Rüdorff, wo die Kohlensäure durch flüssige Kalilauge absorbirt und zugleich die Volumverminderung durch eine entsprechende Menge Kalilauge ergänzt wird.[1] — Ein ganz neues Princip zur Bestimmung der Kohlensäure in Gasen ist von Tyndall angewendet; derselbe fand, dass Kohlensäure in hohem Grade die Wärmestrahlen absorbirt, die von den Molekülen ihrer eigenen Substanz

nach Tyndall.

ausgehen, und dass man den Kohlensäuregehalt einer Luft messen kann durch die Absorptionsgrösse der z. B. von einer Kohlenoxydgasflamme ausgestrahlten Wärme.[2] —

Zur quantitativen Analyse der atmosphärischen Kohlensäure benutzt man meist einfachere Methoden; und zwar bestimmt man dieselbe entweder durch directe Wägung oder durch maassanalytisches Verfahren. —

Bestimmung der Kohlensäure durch Absorption und Wägung.

Es liegt nahe, den Kohlensäuregehalt der Luft zunächst in ganz ähnlicher Weise zu ermitteln, wie dies mit dem Wasserdampf der Luft geschieht, nämlich dadurch, dass man die Kohlensäure eines gemessenen Luftvolums durch Substanzen absorbiren lässt, die eine grosse Verwandtschaft zu derselben zeigen, und dass man diese Substanzen vor und nach der Absorption wägt; die Gewichtsdifferenz muss dann direct die Menge der Kohlensäure anzeigen. — In der That ist diese Methode vielfach in Anwendung gezogen; sie hat vor der gasometrischen Bestimmung den Vortheil voraus, dass grössere Luftmengen zur Untersuchung gelangen und dass die Manipulationen viel einfacher sind; dennoch ist dieselbe ausserhalb des Laboratoriums schwer ausführbar und für die Zwecke der praktischen Hygiene schlecht brauchbar, weil sie namentlich den Besitz einer feinen Waage voraussetzt.

Absorptionsmittel.

Zur Absorption verwendet man auch hier Aetzkali (KOH), welches begierig Kohlensäure (CO_2) aufnimmt und damit zunächst Kaliumcarbonat ($2KOH + CO_2 = CO_3K_2 + H_2O$), bei weiterem Zuleiten von CO_2 Kaliumbicarbonat ($K_2CO_3 + CO_2 + H_2O = 2KHCO_3$) bildet. Lässt man eine gemessene Menge Luft über eine gewogene Quantität Aetzkali streichen, so wird die Gewichtszunahme des letzteren die absorbirte CO_2 anzeigen, vorausgesetzt jedoch, dass kein anderer Bestandtheil in der Luft vorhanden ist, der ebenfalls vom Aetzkali zurückgehalten wird und so eine Gewichts-

vermehrung derselben veranlassen kann. Ein solcher Körper ist nun allerdings vorhanden in dem Wasserdampf der Luft, der ebenfalls sehr begierig vom Aetzkali angezogen wird; dieser wird daher aus der Luft entfernt werden müssen, ehe dieselbe mit dem Aetzkali in Berührung kommt; und erst dann wird dessen Gewichtsänderung lediglich auf CO_2 zu beziehen sein. — Die Mittel zum Trocknen eines Luftstroms sind bereits auf pag. 75 besprochen; und danach ergiebt sich für die Bestimmung der CO_2 folgende einfache Vorrichtung: Man füllt ein oder zwei U-förmige Rohre mit in Schwefelsäure getränkten Bimssteinstückchen und zwei andere mit Bimssteinstücken, die in concentrirter Kalilauge auf 100° erwärmt und dann abgekühlt waren, oder auch mit kleinen Stückchen Natronkalk, der sich nach Fresenius' Versuchen noch besser zur Absorption der CO_2 eignet.[3] Mit einem Aspirator werden nun zunächst die Natronkalk- und dann die Schwefelsäureröhren verbunden, so dass die untersuchte Luft in die letzteren eintritt, dort ihren Wasserdampf abgiebt und dann trocken in die Natronkalkröhren gelangt.

Versuchsanordnung.

Wendet man zur Entziehung der CO_2 flüssige Kalilauge an, so darf der Luftstrom nur langsam dieselbe passiren, da sonst keine vollständige Absorption erfolgt. Verdünnterer Lauge könnte ausserdem Wasser durch den getrockneten Luftstrom entzogen werden, wodurch eine Gewichtsverminderung der Kaliröhren eintreten würde; daher ist es zur Vorsicht geboten, in solchen Fällen nach dem Kalirohr noch ein Rohr mit Schwefelsäurebimsstein einzuschalten, welches den etwa mitgerissenen Wasserdampf aufnimmt und mit den Kaliröhren zusammen gewogen wird. — Wie bei der Wasserdampfbestimmung ist auch hier für gleichmässige Temperatur der Absorptionsapparate Sorge zu tragen.[4] — Statt des Natronkalks kann auch festes Bariumhydrat verwendet werden.[5] — Das Resultat der Untersuchung, das die Gewichtsmenge CO_2 in einem bestimmten Volumen Luft angiebt, muss dann noch durch Rechnungen umgestaltet werden, die später ausführlich besprochen werden. —

Im Gegensatz zu dieser auf feinere Hülfsmittel angewiesenen Methode gewährt die maassanalytische Bestimmung der CO_2 den Vortheil, dass sie rasch und leicht ausgeführt werden kann, und nur sehr einfacher, von Jedem leicht zu beschaffender Vorrichtungen bedarf. Da andererseits die CO_2-Bestimmung eine sehr grosse hygienische Bedeutung hat und eine Reihe wichtiger Fragen mittelst derselben zur Lösung gebracht werden können, so erscheint es gerechtfertigt, hier eine eingehende und erschöpfende Darstellung dieser maassanalytischen Methode folgen zu lassen. —

Bestimmung der Kohlensäure durch Maassanalyse.

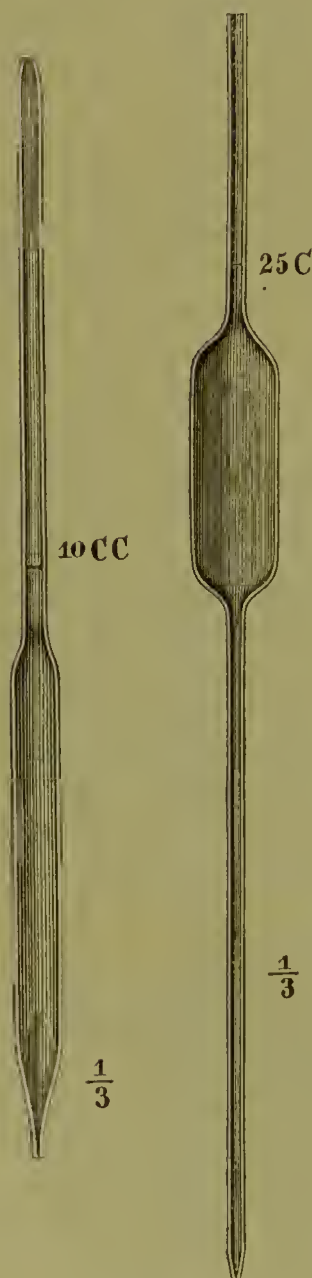
Vorbemerkungen über Maassanalyse.

Verschiedene chemische Körper zeichnen sich durch eine Reihe höchst charakteristischer, leicht erkennbarer Eigenschaften, z. B. auffallende Farbenreactionen u. dgl., aus, welche leicht das Vorhandensein der geringsten Spuren dieses Körpers erkennen lassen. Daneben giebt es andere Substanzen, welche auf die ersteren in eigenthümlicher Weise verändernd einwirken; sie gehen nämlich mit ihnen Verbindungen ein, die dann völlig andere Eigenschaften zeigen, als die ursprünglichen Körper. Treten in einer Mischung beider Stoffe jene charakteristischen Eigenschaften des ersten Körpers, *A*, noch zu Tage, so ist offenbar von dem zweiten, *B*, nicht so viel vorhanden, um *A* vollständig in die neue, anders gekennzeichnete Verbindung zu ver-

Grundsätze der maassanalytischen Methode.

wandeln. Fügt man dann weitere Mengen des zweiten Körpers hinzu, so wird das plötzliche Verschwinden jener charakteristischen Eigenschaften genau den Moment anzeigen, wo so viel von *B* zugesetzt war, dass die ganze vorhandene Menge des ersten Körpers *A* gerade in die neue Verbindung, *C*, übergeführt ist. Nun gehen solche chemische Verbindungen fast immer nach denselben Mengenverhältnissen vor sich; es gehören stets die gleichen Quantitäten der zweiten Substanz dazu, um eine bestimmte Menge der ersten in die neue Verbindung zu verwandeln. Folglich wird man die Menge des einen Körpers *A* bestimmen können, wenn man nur misst, wie viel man von *B* zugesetzt hat, bis jener ganz in die Verbindung *C* übergeführt ist und bis er also seine charakteristischen Eigenschaften gerade vollständig verloren hat. — Die zugefügte Menge des zweiten Körpers lässt sich aber leicht feststellen, wenn man Lösungen von bestimmtem Gehalt herstellt, so dass z. B. 1 l der Lösung 1 gr Substanz enthält, und wenn man nun diese Lösung in ein feingetheiltes Glasgefäss einfüllt, an welchem das ausgeflossene Volumen jederzeit genau abzulesen ist. Das Abmessen solcher Lösungen ersetzt dann also die Wägung. — Von dem zu untersuchenden Körper kann man gewöhnlich nicht die ganze Menge zu einer solchen Maassanalyse verwenden, sondern man misst von demselben einen bestimmten Bruchtheil ab; zu dem Zweck löst man die unbekannte Substanzmenge in einer gemessenen Quantität eines Lösungsmittels, z. B. in 1 l Wasser, und nimmt von dieser Lösung jedesmal einen kleineren Bruchtheil, z. B. 10 cc, von dem sich leicht auf die ganze Menge zurückrechnen lässt. —

Fig. 37. Fig. 38.



Pipetten.

Apparate zum Abmessen von Flüssigkeiten.

Zu der Ausführung der Maassanalyse sind also vor allem Apparate erforderlich, die ein genaues Abmessen von Flüssigkeiten gestatten. Bei grösseren Quantitäten, z. B. zur Herstellung der Lösungen von bekanntem Gehalt, bedient man sich entweder der Messcylinder — offener Glascylinder, die am Rande eine Theilung tragen — oder geaichter Flaschen von verschiedener Grösse, welche an ihrem Halse mit einer Marke versehen sind; reicht der obere Rand der Flüssigkeit bis zu dieser Marke, resp. bis zu einem Theilstrich, so beträgt der Inhalt des Gefässes das angezeigte Volum; wollte man den Inhalt entleeren, so würde das ausgeflossene Volumen nicht eben so viel, sondern um die Mengen, die unvermeidlich im Glase zurückbleiben, weniger betragen; man kann daher in solchen Gefässen nur eingegossene Flüssigkeitsmengen abmessen und bezeichnet dieselben als auf Einguss graduirte Messgefässe. — Im Gegensatz dazu sind Pipetten und Büretten so graduirt, dass sie die ausgeflossenen Flüssigkeitsmengen angeben.

Pipetten.

Die Pipetten sind Glasröhren, die in der Mitte erweitert, am oberen und namentlich unteren Ende verengt sind; oberhalb der Erweiterung tragen sie eine Marke, welche das Volumen, z. B. 10 cc, 100 cc angiebt; füllt man bis zu dieser Höhe Flüssigkeit ein, so enthält dann die Pipette mehr als 10 resp. 100 cc und zwar um so viel mehr, als regelmässig

in derselben zurückbleibt, wenn die Flüssigkeit eben ausgelaufen ist; die Menge der letzteren beträgt dagegen genau 10 resp. 100 cc. Figg. 37 u. 38 stellen solche Pipetten im Durchschnitt dar. Die Füllung derselben geschieht in der Weise, dass man die Spitze in die zu messende Flüssigkeit eintaucht, am oberen Ende vorsichtig saugt, bis das Flüssigkeitsniveau die Marke überschritten hat, dann rasch mit dem Finger oben verschliesst und nun durch vorsichtiges Aufheben des Fingers so viel abtropfen lässt, bis das Niveau genau an der Marke sich befindet. —

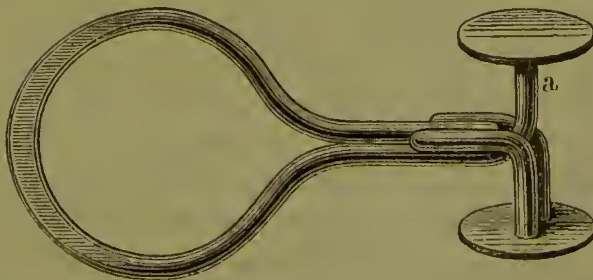
Auf diese Weise lassen sich bestimmte Mengen einer Lösung genau abmessen; aber es würde unmöglich sein, mittelst der Pipetten ein nicht im Voraus bekanntes Volumen einer Flüssigkeit zu ermitteln. Dazu dienen vielmehr die Büretten, welche, wie Fig. 39 zeigt, aus einer fein getheilten Glasröhre bestehen, an welcher unten ein zu einer feinen Spitze ausgezogenes Röhrchen befestigt ist; und zwar wird die Verbindung durch ein kurzes Stück Kautschuckschlauch hergestellt, dessen eines Ende über die Bürette, dessen anderes über die Spitze geschoben ist, während seine Mitte einen Quetschhahn trägt. Mittelst des letzteren (Fig. 40) ist der Kautschuckschlauch und damit die Bürette vollständig verschlossen; durch einen leichten Fingerdruck auf seine Griffe lässt sich derselbe aber so weit öffnen, dass Flüssigkeit aus der Bürette tropfenweis austreten kann; sobald der Fingerdruck nachlässt, hört auch das Ausfliessen sofort auf. Hat man nun eine Lösung von bekanntem Gehalt in eine solche Bürette eingefüllt und zunächst den Stand derselben notirt, so kann man z. B. zu irgend einer zu untersuchenden Substanz beliebige Mengen zulaufen lassen, bis eine bestimmte Reaction eintritt; sobald diese sich zeigt, liesst man den Stand der Flüssigkeit wiederum ab und die Differenz beider Ablesungen giebt ein directes Maass des ausgeflossenen Flüssigkeitsvolumens. — Büretten.

Fig. 39.



Bürette.

Fig. 40.



Quetschhahn.

Auf die Ablesung ist grosse Sorgfalt zu verwenden; zunächst darf dieselbe nicht unmittelbar nach dem Einfüllen der Flüssigkeit vorgenommen werden, sondern erst wenn das Niveau sich seit einiger Zeit nicht mehr verändert hat; das Auge ist ferner stets in eine Ebene mit diesem Niveau zu bringen. Letzteres erscheint be- Ablesung der Büretten.

kanntlich niemals als einfache Linie, sondern je nachdem man gegen eine hell-beleuchtete Wand sieht oder aber ein Blatt weisses Papier als Hintergrund hinter die Bürette schiebt, kommt entweder die Fig. 41 oder die Fig. 42 zum Vorschein; man liest nun immer den Stand der unteren Grenzlinie der schwarzen Zone ab. Man kann sich diese Ablesung erleichtern durch Anwendung eines Schwimmers (Fig. 43), eines hohlen kleinen Glascylinders, der in der Flüssigkeit schwimmt und sich mit deren oberem Niveau auf und nieder bewegt; derselbe hat in seiner Mitte einen recht deutlich markirten horizontalen Strich und man liest dann immer den Stand dieses Striches ab. — Zum Gebrauch werden die Büretten in ein Stativ eingeklammert ungefähr von der Form, wie sie Fig. 39 zeigt; dabei ist dann auf genau verticale Stellung der Bürette zu achten.

Fig. 41.

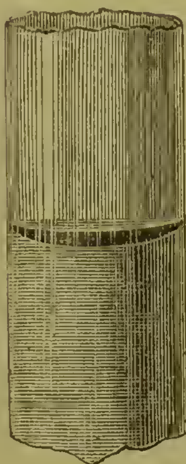
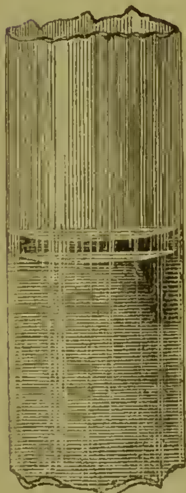
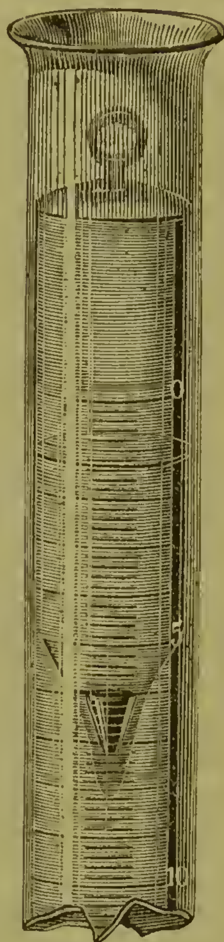


Fig 42.



Ablesung der Bürette.

Fig. 43.



Schwimmer zur Ablesung der Bürette.

Alle Maassgefässe, auch die Pipetten und Büretten, sind wo möglich vor dem Gebrauch genau zu aichen; doch erfordert diese Procedur complicirtere Manipulationen, so dass der Ungeübtere sie besser in technischen Werkstätten vornehmen lässt. Specielle Anweisung findet man in der unten angeführten Literatur;[6] ebendort siehe auch über die ungemein zahlreichen neueren Modificationen von Büretten, Bürettenhaltern, Quetschhähnen etc.[7] —

Für die Anwendung der Maassanalyse ist es ferner erforderlich, dass der zu untersuchende Körper augenfällige Eigenschaften besitzt, die sein Vorhandensein charakterisiren, sowie dass sich Lösungen mit bekanntem Gehalt von anderen Substanzen herstellen lassen, durch deren Zusatz jene charakteristischen Eigenschaften aufgehoben werden. In hohem Grade entsprechen nun diesen Anforderungen zwei grosse Gruppen von chemischen Körpern, nämlich Alkalien und Säuren. Beide sind bekanntlich ausgezeichnet durch ein sehr charakteristisches Verhalten namentlich gegenüber gewissen Pflanzenfarben; kommen aber Alkalien und Säuren in einem Lösungsmittel zusammen, so vereinigen sie sich zu Salzen, die keine Spur jener Reactionen mehr erkennen lassen; diese Vereinigung findet fast immer in demselben Verhältniss statt, so dass eine bestimmte Menge Säure stets der gleichen Menge Alkali bedarf, um die charakteristischen Eigenschaften der Säure ganz zu verlieren. Folglich wird es sehr leicht sein, Säuren und Alkalien dadurch quantitativ zu bestimmen, dass man die unbekannte Menge des einen zunächst mit einer geeigneten Pflanzenfarbe und dann aus einer Bürette allmählich mit einer bekannten Lösung des entgegengesetzten Körpers versetzt, bis jene Farbe sich geändert hat. Da sich an der Bürette ablesen lässt, wie viel von der bekannten Lösung bis zum Aufhören der Reaction zugesetzt war, so ist daraus durch einfache Rechnung zu

Farbstoffe als Erkennungsmittel für Alkalien und Säuren.

finden, wie viel von der untersuchten Substanz vorhanden und zur Bildung der neuen, nicht mehr reagirenden Verbindung verwendet war. —

Das gebräuchlichste Reagens, welches den geringsten Ueberschuss freier Säure oder freien Alkali's scharf anzeigt, ist der Lakmusfarbstoff. Derselbe wird entweder als Tinctur den Lösungen zugesetzt; oder aber man tränkt Streifen von Fliesspapier mit der Tinctur,[8] trocknet diese dann und prüft die Reaction einer Flüssigkeit dadurch, dass man einen Tropfen derselben mittelst eines Glasstabs heraushebt und vorsichtig auf das Papier bringt, ohne ihn etwa dort auszubreiten; der Tropfen wird dann allmählich von seiner Peripherie aus eingesogen, alle wirksamen saueren oder alkalischen Moleküle müssen diese Peripherie passiren und kommen dort mit dem empfindlichen Farbstoff in Berührung; am Rande des Tropfens wird also die Wirkung der Flüssigkeit am deutlichsten und gleichsam concentrirt zu Tage treten, und wird häufig selbst dann noch sichtbar sein, wenn der Zusatz der Tinctur oder das einfache Eintauchen des Reagenspapiers resultatlos geblieben ist.[9] — Die „Tupfmethode" ist daher eigentlich die genauere; andererseits ist sie nur mit Verlust an Substanz und Zeit auszuführen, wenn die Reactionsgrenze ganz unbekannt ist und die Probe sehr oft wiederholt werden muss. Gewöhnlich stellt man aber 2 Controlanalysen an, und dann ist es praktisch, zunächst eine Bestimmung unter Zusatz einiger Tropfen der Tinctur vorzunehmen; und dann bei der zweiten Bestimmung, wenn die ungefähre Grenze der Reaction schon bekannt ist, die genauere Tupfmethode anzuwenden. —

Lakmus.

Methode der Prüfung.

Bei der Auswahl der Farbstoffe ist ferner darauf zu achten, dass eine Einwirkung von Säuren oder Alkalien auf dieselben nur dann stattfinden kann, wenn ein gemeinschaftliches Lösungsmittel vorhanden ist, welches die zur Reaction erforderliche nahe Berührung der Moleküle ermöglicht. So ist z. B. der empfindliche Farbstoff des Lakmus in Wasser, aber nicht in Alkohol löslich; daher werden auf Lakmus auch nur solche Substanzen reagiren können, die ebenfalls in Wasser löslich sind. Capronsäure dagegen, eine Fettsäure von entschieden saurem Charakter, ist in reinem Zustande in Wasser ganz unlöslich; betupft man getrocknetes Lakmuspapier mit solcher reiner Capronsäure oder auch mit der Lösung derselben in absolutem Alkohol, so kann keine sauere Reaction auftreten; dagegen wird sich dieselbe sofort einstellen, wenn man statt des Lakmus einen anderen ebenfalls in absolutem Alkohol löslichen Farbstoff, z. B. Rosolsäure, wählt.[10] — Auch salzartige Verbindungen, in denen ein Ueberschuss von Säure oder Alkali enthalten ist, werden diesen Ueberschuss nicht durch eine Einwirkung auf Pflanzenfarben anzeigen können, wenn sie nicht in dem gemeinschaftlichen Lösungsmittel löslich sind; in Wasser völlig unlösliche Salze werden daher unter keinen Umständen auf Lakmus oder dgl. reagiren können.

Nothwendigkeit eines gemeinschaftlichen Lösungsmittels.

Die Farbeveränderung des Lakmus ist bekanntlich so, dass die blaue Farbe durch Säuren in roth übergeht, während Alkalien das Roth wieder in Blau zurückverwandeln. Die letztere Reaction ist weniger empfindlich; man verwendet für die Prüfung auf freie Alkalien daher lieber Curcumapapier, dessen gelber Farbstoff in braun übergeführt wird. — Abends beobachtet man die Veränderung des Lakmusfarbstoffs am besten unter grünem Glas oder beim Schein einer Natriumflamme. — Neuerdings ist eine ausserordentlich grosse Anzahl anderer Farbstoffe aufgefunden, welche ebenfalls sehr charakteristische Aenderungen durch Säuren und Alkalien erfahren und zum Theil noch empfindlicher sein sollen, als Lakmus und Curcuma. So hat Göppelsröder den Farbstoff der Malven, Selle den Farbstoff einer Hyacinthe, Pellagri, Stevenin Veilchen, Iris, Verbenen etc., Stolbe Rothholz und

Andere Farbstoffe.

Carmin, BORNTRAEGER Apfelsinentinctur, LUCKOW Cochenille, SCHAAL Alizarin, BOETTGER Alkanna und den Farbstoff von coleus als Reagens empfohlen; von FITTIG ist Mesitylenchinon, von LUCK Phenolphtaleïn, von THIBAULT pikraminsaures Alkali angewendet; zum gleichen Zweck lässt sich nach WEISKE eine mit etwas Eisenchlorid versetzte Lösung von Salicylsäure, nach HUBER eine Mischung von molybdänsaurem Ammon mit Ferrocyankalium gebrauchen. In neuester Zeit ist es namentlich das Cyanin, das Fluoresceïn, das Tropaeolin und die Rosolsäure, die auf die Empfehlung von SCHÖNBEIN, KRÜGER, v. MILLER und SCHULZE & MÄRCKER viel in Anwendung gezogen werden und den Lakmus als Indicator ersetzen.[11] Die letztgenannte Rosolsäure ist speciell bei der Bestimmung der CO_2 beliebt; dieselbe wird dargestellt durch Erwärmen von Phenol mit Oxalsäure und Schwefelsäure, ist jedoch meist hinreichend rein im Handel zu kaufen; sie krystallisirt in grünlich rothen Krystallen, ist unlöslich in Wasser, aber löslich in Alkohol und Weingeist; um sie als Indicator zu gebrauchen, stellt man eine etwa $^1/_2$ procentige weingeistige Lösung her, von der einige Tropfen genügen, um eine eben sauere Flüssigkeit schwach gelb zu färben; während bei der geringsten Spur überschüssigen Alkali's eine schön rosarothe Färbung auftritt. —

Rosolsäure.

Herstellung der Titrirlösungen.

Weiteres Erforderniss für die Ausführung der Maassanalyse bildet die Herstellung von Säure- und Alkalilösungen von bekanntem Gehalt. Dazu eignen sich bei weitem nicht alle Säuren oder Alkalien; Schwefelsäure, Salzsäure, Kaliumhydrat etc. sind nur schwer vollkommen rein zu erhalten und namentlich ist es nicht möglich bestimmte Mengen dieser Substanzen in zuverlässig wasserfreiem, reinem Zustande abzuwiegen; ebenso schwierig ist es aber auch, nachträglich den Gehalt einer aus unbekannten Substanzmengen hergestellten Schwefelsäure oder Salzsäure nach der gebräuchlichen Methode durch Wägung zu ermitteln, weil z. B. ein Gehalt an Ammoniak einen Theil der Säure neutralisiren, aber nicht das Resultat der Wägung beeinflussen würde; denn auch der Theil der Säure, welcher an Ammoniak gebunden ist, würde sich in dem zur Wägung gelangenden Niederschlag befinden. — Als brauchbarer Ausgangspunkt für die Herstellung der Lösungen sind z. B. reiner Kalkspath, reines kohlensaures Natron, oder Stücke von Natriummetall[12] empfohlen; am besten scheint sich aber die Oxalsäure bewährt zu haben, und diese bildet daher auch die Grundlage der maassanalytischen CO_2-Bestimmung. Die Oxalsäure krystallisirt in wasserhellen Krystallen mit 2 Molekülen Krystallwasser ($C_2O_4H_2 + 2H_2O$); letztere verliert sie beim Erhitzen auf 100^0 und auch bei längerem Stehen an der Luft, wodurch dann die Krystalle undurchsichtig werden. Man kann nun sowohl von der wasserfreien, wie von der wasserhaltigen Säure leicht bestimmte Mengen abwiegen, und zwar bekommt man in den meisten chemischen Fabriken dazu geeignete, hinreichend reine Präparate, die nur noch durch Abtrocknen zwischen Fliesspapier von etwa anhaftender Feuchtigkeit zu befreien sind. — Reine Oxalsäure hinterlässt beim Erhitzen auf Platinblech keinen Rückstand; etwa anhaftende Verunreinigungen, z. B. von Alkali, Schwefelsäure etc. sind durch Umkrystallisiren aus einer Lösung in heissem absolutem Alkohol, oder in heissem Wasser etc. zu entfernen, wobei durch fortwährendes Umrühren bis zum Erkalten dafür zu sorgen ist, dass nur kleine Krystalle, die keine Mutterlauge einschliessen, sich bilden.[13]

mittelst abgewogener Mengen von Oxalsäure.

Umrechnung auf andere Säuren und auf Alkalien.

Aus diesem Material ist also eine Lösung von genau bekanntem Gehalt an freier Säure herzustellen; und mittelst derselben ist es dann leicht den Gehalt einer anderen Lösung an freiem Alkali zu bestimmen, indem man z. B. 10 cc einer solchen mit Lakmus oder Rosolsäure versetzt und dann aus einer Bürette Oxalsäurelösung

zufliessen lässt, bis eben der geringste Säureüberschuss sich durch die entsprechende Farbeveränderung kundgiebt. Aus dem Verbrauch an Oxalsäurelösung erfährt man die Quantität Oxalsäure, welche zur Sättigung der fraglichen Alkalimenge nöthig war; und da diese Sättigung stets nach denselben Gewichtsverhältnissen, nach Aequivalenten, erfolgt, ist daraus die Menge des Alkali's in 10 cc jener Lösung zu berechnen. Oxalsäure hat das Aequivalent = 126; ($C_2H_2O_4 + 2H_2O$; das Aequivalent des C beträgt = 12, das des H = 1, das des O = 16; folglich $2 \times 12 + 6 \times 1 + 6 \times 16 = 126$); Aetznatron, NaHO, hat das Aequivalent 40 (Natrium = 23; folglich $23 + 1 + 16 = 40$). Nun ist aber die Oxalsäure zweibasisch, d. h. sie hat zwei vertretbare H-Atome, für deren jedes ein Atom einer Base eintreten kann; um oxalsaures Natron, $C_2Na_2O_4$, zu bilden, sind für je 1 Theil Oxalsäure 2 Theile der Natriumverbindung erforderlich. Wenn daher 126 gr Oxalsäure durch Aetznatron gesättigt werden sollen, so sind dazu offenbar $2 \times 40 = 80$ gr Aetznatron erforderlich; und wenn für eine unbekannte Menge von Aetznatron x gr Oxalsäure bis zur neutralen Reaction verbraucht sind, so beträgt die Menge des ersteren $\frac{x \times 126}{80}$ gr. — Somit erhält man nun leicht eine Alkalilösung von bekanntem Gehalt und mit dieser kann man dann wiederum die verschiedensten Lösungen anderer Säuren auswerthen oder „titriren". — Gewöhnlich stellt man durch entsprechende Verdünnung sog. Normallösungen her, d. h. Lösungen, welche in 1 l so viel Gramm Substanz enthalten, als das Aequivalent derselben beträgt, oder auch Zehntel-Normallösungen, die $^1/_{10}$ Aequivalent pro Liter enthalten. — Normallösungen.

Maassanalytische Bestimmung der Kohlensäure.

Mittelst des beschriebenen Verfahrens muss es leicht sein, die Menge jeder beliebigen freien Säure, und so auch der CO_2, zu bestimmen, selbst wenn diese in gasförmigem Zustand in der Luft enthalten ist. Es liegt nahe, die Methode z. B. ganz ähnlich der zuerstgeschilderten einzurichten, bei welcher die CO_2 durch Absorption mittelst Kalilauge und Feststellung der Gewichtszunahme der letzteren bestimmt wurde. Benutzt man nämlich zur Absorption eine Kalilauge von bekanntem Gehalt und füllt die Absorptionsröhren mit einer abgemessenen Menge derselben, so wird diese Kalilauge ein gewisses Volumen Normaloxalsäurelösung bis zur neutralen oder schwach sauren Reaction erfordern; lässt man nun CO_2-haltige Luft hindurchstreichen, so wird die CO_2 einen Theil des Kali's sättigen; folglich wird eine kleinere Menge freies Kali vorhanden und eine geringere Menge Oxalsäurelösung zu dessen Sättigung erforderlich sein, als vor dem Durchleiten, und zwar um so viel weniger, als schon durch die CO_2 in Beschlag genommen war. — Der Anwendung dieser anscheinend leicht ausführbaren Methode steht nun aber ein wichtiger Umstand im Wege: nämlich der, dass das kohlensaure Kali nicht etwa neutral, sondern stark alkalisch reagirt; dadurch geht also das Merkmal verloren, an dem erkannt werden soll, dass kein freies Kali mehr vorhanden ist. — Die Methode würde brauchbar sein, wenn es gelänge, das kohlensaure Kali zu entfernen, oder es z. B. in eine in Wasser unlösliche Modifikation

Princip der maassanalytischen Methode der Kohlensäure-Bestimmung.

überzuführen, da es ja dann die Fähigkeit verlieren würde, auf Lakmus zu reagiren.

Neben den Alkalien giebt es nun eine Reihe ganz ähnlicher Substanzen, die sich gerade dadurch auszeichnen, dass ihre kohlensauren Salze in Wasser vollkommen unlöslich sind und in solchem als Niederschlag zu Boden fallen; es sind dies die alkalischen Erden. Offenbar hat man in ihnen also ein Mittel, um das angedeutete Princip der maassanalytischen CO_2-Bestimmung auszuführen.

Früher wählte man zu diesem Zwecke aus der Reihe der alkalischen Erden den Kalk, den man in wässriger Lösung als Kalkwasser zur Absorption der CO_2 benutzte. Später ist man jedoch von dessen Anwendung wieder zurückgekommen und zwar wesentlich aus zwei Gründen: erstens lassen sich nur ausserordentlich verdünnte Lösungen von Kalkhydrat herstellen, da ein Theil $Ca(OH)_2$ erst in 700 Theilen kalten und in 1500 Theilen heissen Wassers löslich ist; und zweitens ist das frisch gefällte amorphe Calciumcarbonat ($CaCO_3$) nicht ganz unlöslich in Wasser und reagirt deshalb noch deutlich alkalisch; erst nach längerem Stehen und namentlich beim Erwärmen geht es in den krystallinischen Zustand über und ist dann in Wasser völlig unlöslich.

Anwendung des Barytwassers zur Absorption der Kohlensäure.

Beide Uebelstände werden vermieden bei Anwendung des Baryts oder Bariumhydrats ($Ba(OH)_2$), das jetzt allgemein zur CO_2-Bestimmung benutzt wird. Dasselbe löst sich in circa 20 Theilen kalten und etwa 3 Theilen heissen Wassers; man bereitet am besten immer eine heisse nahezu gesättigte Lösung; alsdann scheidet sich beim Erkalten eine grosse Menge $Ba(OH)_2$ krystallinisch aus und die darüberstehende Flüssigkeit ist immer eine kalt gesättigte Lösung, deren Gehalt ungefähr 5% beträgt. — Das kohlensaure Salz, $BaCO_3$, ist, auch frisch gefällt, völlig unlöslich in Wasser; bringt man reines $BaCO_3$ auf empfindliches Curcumapapier und feuchtet mit frisch gekochtem Wasser an, so tritt keine Spur einer Bräunung auf. Dass diese Reaction ausbleibt, hat seinen Grund nicht etwa darin, dass die alkalischen Eigenschaften des Baryts im $BaCO_3$ durch die CO_2 gerade neutralisirt sind, sondern lediglich in der völligen Unlöslichkeit dieser Verbindung; denn so bald man ein Lösungsmittel hinzubringt, tritt sofort stark alkalische Reaction ein. Ein solches Lösungsmittel ist z. B. die Kohlensäure. Die kohlensauren Erden sind löslich in einem Wasser, welches CO_2 enthält, wobei vielleicht die CO_2 in der Weise wirkt, dass sich doppelt-kohlensaurer Kalk oder Baryt ($Ba(HCO_3)_2$) bildet, welcher dann in Wasser löslich ist. Trotz der viel grösseren Menge CO_2, die in dieser Verbindung vorhanden ist, reagirt aber dieser $Ba(HCO_3)_2$ deutlich alkalisch, bräunt Curcuma und röthet Rosolsäure. —

Eine CO_2-Bestimmung wird demnach in folgender Weise ausführbar sein: Man stellt eine Lösung von Bariumhydrat her, titrirt ein gemessenes Volum derselben mittelst einer Oxalsäurelösung von bekanntem Gehalt bis zur eben saueren Reaction, und bringt dann eine bestimmte Menge des Barytwassers mit einem gemessenen Volum CO_2-haltiger Luft in Berührung; nach erfolgter Absorption der CO_2, und nachdem sich der gebildete kohlensaure Baryt zu Boden gesetzt hat, nimmt man wiederum ein gemessenes Volum des Barytwassers und titrirt es mit Oxalsäure; es wird jetzt weniger Oxalsäure bis zur neutralen Reaction verbraucht werden; und das so gefundene Deficit, auf die ganze Menge des angewandten Barytwassers übertragen, giebt ein Maass der CO_2, welche zur Absorption gelangt ist. —

Bereitung der Barytlösung.

Herstellung der Reagentien. Da der CO_2-Gehalt der Luft so ausserordentlich gering ist, nimmt man zweckmässig nicht etwa eine gesättigte Barytlösung, sondern eine solche, die nur 6—7 gr Bariumhydrat im Liter enthält; die kalt gesättigte Lösung ist also mit etwa 8—9 Theilen Wasser zu verdünnen.

Zusatz von Chlorbarium.

Der käufliche Baryt ist selten ganz frei von Alkalispuren und dieser Umstand macht eine besondere Correction erforderlich. Wird nämlich ein Barytwasser, welches mit CO_2 in Berührung war und Bariumcarbonat enthält, ausserdem aber mit geringen Spuren Alkali verunreinigt ist, mit Oxalsäure titrirt, so wird diese Säure vor allem ein Vereinigungsbestreben äussern gegenüber dem Alkali; es bildet sich also zuerst oxalsaures Alkali; dieses aber kann neben kohlensaurem Baryt nicht bestehen, sondern setzt sich mit demselben sofort um in oxalsauren Baryt und kohlensaures Alkali; letzteres ist somit wieder von neuem gebildet; beim nächsten Zusatz von Oxalsäure läuft derselbe Process ab: zuerst entsteht oxalsaures Alkali, dann wird wieder kohlensaurer Baryt zersetzt und das Alkalisalz regenerirt. Die kleinste Spur Alkali führt somit allmählich eine vollständige Zersetzung des gesammten kohlensauren Baryts herbei. In diesem gefährlichen Einfluss möglicherweise vorhandenen Alkali's würde somit ein Einwand gegen die Brauchbarkeit der Methode bestehen, der auf jeden Fall beseitigt werden muss. — Es geschieht das durch den Zusatz einer kleinen Menge von Bariumchlorid ($Ba\ Cl_2$), welches völlig neutral reagirt, die übrigen Reactionen also nicht im mindesten beeinflusst, aber vorhandenes Alkali entfernt; es setzt sich nämlich mit Alkalisalzen um in der Weise, dass sich einerseits die Säure des Alkali's, z. B. CO_2, mit dem Baryum zu kohlensaurem Baryt, das Alkali aber mit dem Chlor zu Chlorkalium oder Chlornatrium verbindet, welch' letztere von einem Zusatz von Oxalsäure völlig unberührt bleiben. — Es ergiebt sich daraus also die Vorschrift, dass man bei der Bereitung der Barytlösung eine geringe Menge, etwa 2 Decigr. pro Liter Chlorbarium zugesetzt, um den Einfluss vorhandenen Alkali's zu beseitigen. —

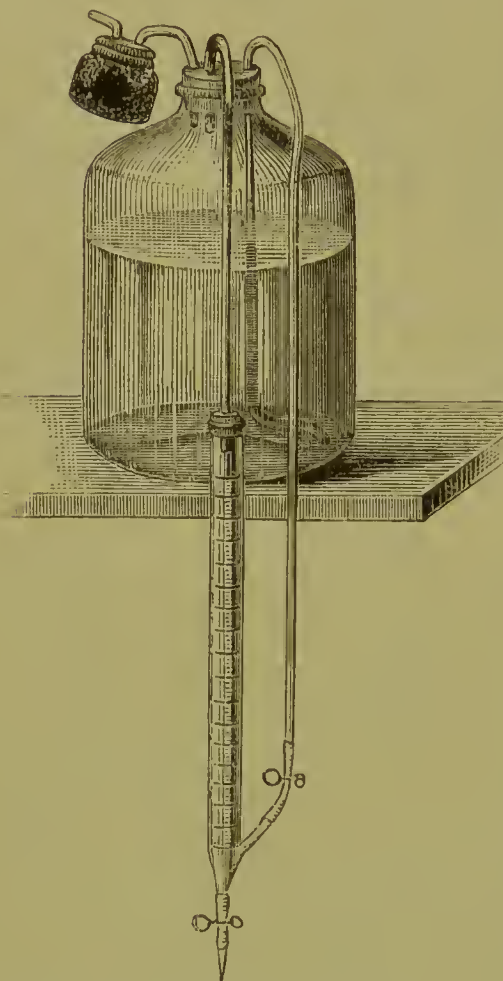
Aufbewahrung der Barytlösung.

Ist der Wirkungswerth einer solchen Barytlösung einmal festgestellt, so ist es wünschenswerth, den Titer der Lösung längere Zeit unverändert zu erhalten, trotzdem beim Oeffnen der Flasche das Barytwasser stets mit CO_2-haltiger Luft in Berührung kommt und so all-

9*

mählich ein Theil des Baryts ausgefällt wird. Letzterem Uebelstande kann man durch einen besonderen Verschluss begegnen, der in Fig. 44 abgebildet ist. Die Flasche, welche die titrirte Barytlösung enthält, ist durch ein Glasrohr, welches den Kork durchbohrt, mit der tiefer stehenden Bürette luftdicht verbunden; letztere hat unten ein seitliches Ansatzrohr; und an diesem ist durch einen kurzen Kautschuckschlauch ein zweites, langes Glasrohr befestigt, welches sich oben umbiegt, ebenfalls den Kork der Flasche durchbohrt und bis zum Boden derselben herabreicht; das Kautschuckstück wird von einem Quetschhahn umschlossen; sobald dieser geöffnet wird, steigt durch die Heberwirkung der langen Glasröhre die Flüssigkeit in der Bürette auf, bis der Quetschhahn wieder geschlossen wird. Zu der Füllung ist somit durchaus keine Communication mit der äusseren Luft erforderlich, da die Luft der Bürette oben in die Flasche entweicht und so das der Flasche entnommene Flüssigkeitsvolum ersetzt, die ganze Bewegung also innerhalb eines geschlossenen Röhrensystems erfolgt. Lässt man nun aber aus der unteren Oeffnung der Bürette Flüssigkeit auslaufen, so wird deren Volum durch äussere Luft ersetzt werden müssen; und um auch dabei den Eintritt von CO_2 in die Flasche zu hindern, durchbohrt ein drittes, kurzes Glasrohr den Kork und steht nach aussen in Verbindung mit einem U-Rohr oder einer kleinen Flasche, die mit Kalibimsstein gefüllt ist. Die nachdringende äussere Luft wird zunächst auf den Boden dieser Vorlage geleitet, giebt dort ihre CO_2 ab, und tritt erst dann in die Flasche ein, so dass durchaus keine Aenderung des Titers erfolgen kann. Grössere Vorräthe von Barytlösung lassen sich durch eine derartige Einrichtung so vollständig conserviren, dass selbst nach Jahren, bei abwechselndem Gebrauch und Nichtgebrauch, der Gehalt der Lösung sich durchaus gleich bleibt.

Fig. 44.



Aufbewahrung der Titrirlösung.

Ist die Barytlösung nicht zum Titriren bestimmt, sondern sollen

derselben nur immer gewisse Mengen mittelst einer Pipette entnommen werden, so genügt die einfachere Vorrichtung, die Fig. 45 darstellt. Eine Glasröhre führt vom Boden der Flasche durch den Kork nach aussen, ist hier aufwärts gekrümmt und trägt einen kurzen Kautschuckschlauch mit Quetschhahn. Die Spitze der Pipette wird in das freie Ende des Schlauches, welches über dem Quetschhahn vorragt, fest eingesteckt; dann füllt man die Pipette, indem man an ihrem oberen Ende saugt, und zugleich den Quetschhahn öffnet; die nachströmende Luft streicht auch hier durch eine Vorlage mit Kalibimsstein, welcher ihr die CO_2 entzieht. —

Fig. 45.



Flasche für Barytwasser.

Die Säurelösung stellt man dadurch her, dass man 2,8636 gr krystallisirte Oxalsäure abwägt und in 1 l Wasser löst; die resultirende Lösung ist dann gerade so stark, dass 1 cc derselben so viel Baryt bindet, als sich mit einem Milligramm CO_2 zu kohlensaurem Baryt vereinigt. Es ist ersichtlich, dass durch das Abwägen jener bestimmten Menge nur die spätere Berechnung des Resultats erleichtert wird; im übrigen ist es natürlich ebenso statthaft, die Oxalsäure etwas stärker oder schwächer zu bereiten. — Man benutzt diese Lösung jedoch gewöhnlich nur zur ersten, genauen Feststellung des Titers der Barytlösung; für die späteren Bestimmungen zieht man andere Säuren vor, weil die Oxalsäure in wässriger Lösung sich schlecht conservirt und nach einiger Zeit unter Entwicklung von Pilzvegetationen zersetzt wird. Sie lässt sich zwar durch vorheriges Erhitzen unter Luftabschluss oder durch Zusatz von Kampher oder dergl. haltbarer machen, doch ist die Herstellung anderer Säuren einfacher und empfehlenswerther. Am besten benutzt man eine stark verdünnte Schwefelsäure; der Gehalt einer unbekannten Concentration derselben wird zunächst mittelst der frisch titrirten Barytlösung festgestellt und dieselbe dann wo möglich so weit verdünnt, dass 1 cc Schwefelsäure genau 1 cc der Barytlösung sättigt. — Die Schwefelsäurelösung wird in derselben Weise verwahrt, wie es Fig. 43 zeigt; nur wird die Vorlage nicht mit Kali-, sondern mit Schwefelsäurebimsstein gefüllt, um ein Eindringen von Ammoniak u. dgl. in die Flasche zu hindern.

Bereitung und Aufbewahrung der Säurelösung.

Die beiden so fertig gestellten Lösungen werden auf einem passenden Stativ aufgestellt und reichen eventuell für Hunderte von CO_2-Bestimmungen aus. —

Die Feststellung des Titers geschieht in der Weise, dass 25 cc

Einstellung des Titers.

Barytlösung mittelst Pipette abgemessen und in ein Kölbchen mit enger Oeffnung — am besten von beistehender Form, Fig. 46 — eingelassen werden. Dann setzt man einige Tropfen Rosolsäure zu, und lässt nun die Oxalsäurelösung (oder die Schwefelsäure) zufliessen; dabei fasst man am besten mit der linken Hand den Quetschhahn der Bürette, während man mit der rechten Hand das Kölbchen fortwährend bewegt und schüttelt, um stets sofort eine innige Mischung der Flüssigkeit zu erzielen. Während der ganzen Operation hat man sich wohl in Acht zu nehmen, dass nicht etwa die CO_2-reiche Ausathmungsluft mit dem Barytwasser in Berührung kommt; auch darf man nicht unnöthig lange bei dem einzelnen Versuch verweilen, da sonst die Absorption geringer CO_2-Mengen aus der Luft als Fehler in Betracht kommen kann. — Nach einiger Zeit wird zuerst vorübergehend die rothe Farbe, welche den Alkaliüberschuss anzeigt, verschwinden, aber bei weiterem Mischen der Flüssigkeit wieder zu Tage treten; fährt man dann sehr vorsichtig mit dem Zusatz der Säure fort, so wird plötzlich der Punkt eintreten, wo die ganze Masse der Flüssigkeit entfärbt erscheint. Die Titrirung ist dann beendet und man hat die Ablesung der Bürette vorzunehmen. —

Fig. 46.



Kölbchen zum Titriren.

Verhalten der Endreaction.

Lässt man das Kölbchen noch eine Zeitlang stehen, ehe man zu einer Controlbestimmung schreitet, so bemerkt man eine eigenthümliche Erscheinung; das Flüssigkeitsgemisch röthet sich allmählich wieder, bald nach kürzerer, bald nach längerer Zeit, häufig nur sehr schwach, zuweilen aber in ausgeprägtem Maasse. Man kann dadurch in Zweifel gerathen, ob auch wohl hinreichend Säure zugesetzt war; doch wiederholt sich die Erscheinung oft selbst wenn noch nachträglich ein geringer Säureüberschuss zugefügt wird. — Dieses auffallende Verhalten erklärt sich folgendermassen. Jede Barytlösung, wenn sie nicht mit ganz besonderer Sorgfalt hergestellt ist, enthält in Folge der CO_2-Absorption während der Bereitung kleine Mengen kohlensauren Baryts, dessen grösste Menge als Niederschlag zu Boden sinkt, von dem aber auch kleine Partikelchen als sehr feine Trübung in der Flüssigkeit suspendirt sind. Setzt man nun Säure zu, so wird diese zunächst allen freien Baryt absorbiren und in oxalsauren resp. schwefelsauren Baryt verwandeln; ist aller Baryt an Säure gebunden, so würde, bei einer von $BaCO_3$ freien Flüssigkeit, der nächste Tropfen der Oxalsäure die sauere Reaction hervorbringen. Sind aber Spuren von $BaCO_3$ vorhanden, so kann die überschüssige Oxalsäure nicht frei bestehen bleiben, sondern es wird sich oxalsaurer Baryt und freie CO_2 bilden müssen. Das macht nun für den Eintritt der Reaction keinen Unterschied; es ist gleichgültig, ob freie Oxalsäure oder CO_2 in der Flüssigkeit auftritt, beide reagiren sauer und markiren gleichmässig den Moment, wo kein freier Baryt mehr vorhanden ist. Aber zwischen den beiden Säuren besteht ein wichtiger Unterschied in Bezug auf ihr ferneres Verhalten, falls noch andere Partikelchen $BaCO_3$ zugegen sind; letztere absorbiren nämlich allmählich die CO_2 und bilden mit derselben doppelt-kohlensauren Baryt, also jene — wie schon oben erwähnt — alkalisch reagirende Verbindung. Diese bewirkt dann das

allmähliche Wiederauftreten der rothen Färbung der Rosolsäure. Danach ist es selbstverständlich, dass stets die erste, vollständige, wenn auch vorübergehende Entfärbung der Flüssigkeit als Endreaction anzusehen ist; denn diese zeigt ja schon an, dass kein freier Baryt mehr vorhanden war und vielmehr die Zersetzung des ersten Moleküls $BaCO_3$ begonnen hat. — Ferner ergiebt sich, dass es durchaus nicht statthaft ist, mit einer Barytlösung in eine Säure hinein zu titriren; denn wenn man die Barytlösung sammt den suspendirten $BaCO_3$ in überschüssige Säure einfliessen lässt, so wird der ganze $BaCO_3$ zersetzt und mit in Rechnung gezogen, während beim umgekehrten Verfahren durch die anfangende Zersetzung des $BaCO_3$ bereits die Endreaction gegeben wird. — Endlich ist es klar, dass die Bildung von doppelt-kohlensaurem Baryt um so rascher vor sich gehen muss, je mehr $BaCO_3$ in der Flüssigkeit suspendirt ist. Zeigt das Barytwasser eine kaum merkbare Trübung, so wird die Bildung von doppelt-kohlensaurem Baryt so langsam und in so geringem Maasse vor sich gehen, dass das Rothwerden der Flüssigkeit sehr spät oder gar nicht erfolgt; ist aber der $BaCO_3$ in grosser Menge vorhanden, so dass milchige Trübung besteht, so geht die Absorption der CO_2 aus dem zersetzten $BaCO_3$ sehr energisch vor sich, es bildet sich so rasch alkalisch reagirender, doppelt-kohlensaurer Baryt, dass der Moment, wo die CO_2 frei und sauere Reaction eingetreten war, gar nicht bemerkt werden kann. — Es ist daraus die praktisch wichtige Folgerung zu entnehmen, dass die Anwesenheit geringer Mengen von $BaCO_3$ im Barytwasser nicht schadet, wenn man nur beim Titriren auf das Eintreten der ersten, vorübergehenden Reaction sorgfältig achtet; dass dagegen grössere Mengen $BaCO_3$ eine scharfe Beobachtung völlig unmöglich und die Methode durchaus unbrauchbar machen. — Sind daher grössere Mengen $BaCO_3$ vorhanden, so wird man diese am Boden sich absetzen lassen und dann nur von der darüber stehenden klaren Flüssigkeit Proben zum Titriren verwenden müssen. Ein vollständiges Absetzen erfolgt mit Sicherheit innerhalb 4—6 Stunden; nach Ablauf dieser Zeit sind immer nur ganz unwesentliche Spuren von $BaCO_3$ in dem Barytwasser enthalten. Ein Abfiltriren des Niederschlags ist schwer ausführbar, weil während desselben der Zutritt der Luft abgehalten werden müsste und weil ausserdem das Filtrirpapier gewisse Mengen Baryt bindet und hartnäckig zurückhält. —

Nothwendige Cautelen beim Titriren.

Ausführung der CO_2-Bestimmung. v. PETTENKOFER hat für die Bestimmung des CO_2-Gehalts der Luft zwei Methoden vorgeschlagen, die sich wesentlich dadurch unterscheiden, dass die eine den momentanen Gehalt der Luft an CO_2, die andere dagegen den durchschnittlichen Gehalt während eines längeren Zeitraums misst.[14]

Ausführung der maassanalytischen CO_2-bestimmung.

Zu der ersten Methode bedarf man zunächst einer etwa 3 bis 6 Liter fassenden Flasche von bekannter Capacität; die letztere wird ermittelt, indem man die Flasche zunächst leer und trocken, dann vollkommen mit Wasser gefüllt, wägt; unter Berücksichtigung der Tab. XI findet man aus der Differenz das genaue Volum der Flasche, das am besten mit einem Schreibdiamanten auf dieser notirt wird. Zum Verschluss dient eine Kautschuckkappe, welche sich gut um den vorstehenden Rand des Flaschenhalses anlegen muss. —

1. Methode. Bestimmung des momentanen CO_2-gehalts der Luft.

Diese Flasche dient zur Aufnahme eines bestimmten Volums der

Versuchsanordnung.

zu untersuchenden Luft und der titrirten Barytlösung. Selbstverständlich muss die Flasche stets vollkommen trocken sein, da schon kleine Mengen Wasser den Titer der Barytlösung erheblich ändern könnten.

Am einfachsten genügt man dieses Forderung dadurch, dass man zunächst das Wasser, welches zum Ausspülen verwendet ist, möglichst ablaufen lässt, dann etwas absoluten Alkohol eingiesst und umschwenkt; der Alkohol nimmt das übrig gebliebene Wasser auf; man giesst nun den Alkohol aus und füllt etwas Aether in die Flasche; dieser mischt sich auf's innigste mit den Alkoholresten, wird dann durch Ausgiessen und Abtropfen entfernt und hinterlässt die Flasche sehr bald vollkommen trocken, da schon eine kurzdauernde Erwärmung oder das Einblasen eines Luftstroms genügt, um den Aether zu verdunsten.

Entnahme der Luftprobe.

Die so getrocknete Flasche wird nun an dem zu untersuchenden Orte mit Luft gefüllt, dadurch dass man eine Zeitlang einen Blasebalg wirken lässt, dessen Ausströmungsöffnung einen Ansatz von Gummischlauch trägt und durch diesen bis zum Boden der Flasche reicht. Um die Luft der letzteren vollständig zu verdrängen und durch Luft des Untersuchungsraums zu ersetzen, ist es nöthig, mindestens das fünffache Volum der Flasche einzublasen; es ist daher gut, wenn man sich vorher über das Volum, welches jeder Hub mit dem Blasebalg fördert, zu orientiren sucht und die Züge jedesmal zählt. — Soll die Luft eines schwer zugänglichen Ortes untersucht werden, so kann man die Einströmungsöffnung des Blasebalgs mit einem luftdicht aufsitzenden Rohre verbinden, das bis an die Untersuchungsstelle geleitet wird und so deren Luft in die Flasche einführt. —

Einfüllen der Barytlösung.

Ist die Füllung beendet, so entfernt man den Blasebalg, entnimmt einer Flasche von der Form der Fig. 45 mittelst Pipette 100 cc titrirte Barytlösung, und lässt diese in die Flasche einlaufen, indem man dabei die Spitze der Pipette bis zum Boden der letzteren herabführt. Dann hebt man die Pipette vorsichtig heraus und verschliesst nun die Flasche mit einer Kautschuckkappe. — Hierbei lässt man nicht unnöthig Zeit verstreichen, braucht aber auch durchaus nicht etwa besondere Vorsichtsmaassregeln anzuwenden, um einen Einfluss der umgebenden Luft fernzuhalten.

Die eingelassenen 100 cc Barytlösung verdrängen 100 cc der Flaschenluft und diese werden oben aus der Mündung ausströmen; führt man die Pipette weit hinab und lässt vorsichtig einfliessen, so ist dabei keine Gefahr vorhanden, dass die entweichende Luft merkliche Mengen CO_2 an die Barytlösung abgiebt. Ebensowenig ist ein Einströmen umgebender Luft möglich; die Absorption der CO_2 bewirkt eine viel zu unerhebliche Volumverminderung um ein messbares Nachrücken von Luft zu veranlassen, und durch Diffusion geht ein solcher Austausch zweier Luftarten ausserordentlich langsam von statten. Man findet daher, sobald nur keine starke Temperaturdifferenzen oder lebhafte Luftströmungen bestehen, die gleichen Resultate bei zwei Bestimmungen, von denen man die eine möglichst rasch beendet hat, während bei der anderen die Flasche absichtlich 2—3 Minuten offen gelassen wurde. — Es ist prak-

tisch wichtig, vor unnöthiger Ueberеilung zu warnen, weil dabei leicht ein undichtes Aufsetzen der Kappen oder ein Einreissen derselben erfolgt, das dann bei den nachherigen Bewegungen der Flasche natürlich zu unberechenbaren Fehlern führen muss. —

Man lässt nun der CO_2 der in die Flasche eingefüllten Luft Zeit, mit der Barytlösung in Berührung und zur Absorption zu gelangen. Dieser Vorgang wird dadurch befördert, dass man dann und wann die Flasche vorsichtig schwenkt und so die Barytlösung über die Wandungen ausbreitet; dabei darf man jedoch niemals die Kautschuckkappe benetzen, weil dieselbe sonst sehr leicht abgleiten könnte. — Nach höchstens 30 Minuten ist anzunehmen, dass selbst aus sehr CO_2-reicher Luft alle CO_2 absorbirt ist; man öffnet nun die Kappe und giesst den Inhalt der Flasche rasch durch einen Trichter in ein kleines, trockenes, wenig über 100 cc fassendes Fläschchen und verkorkt dieses sofort. Darauf lässt man den $BaCO_3$ sich vollständig absetzen, was nach 4—6 Stunden geschehen ist; und dann entnimmt man von der überstehenden klaren Flüssigkeit Proben von 25 cc, und stellt mit der titrirten Schwefelsäure den Gehalt derselben an freiem Baryt fest. In jedem Falle sind nach einander 2 Controlproben zu titriren und, falls das Resultat nicht genau übereinstimmt, ist noch eine dritte Analyse auszuführen. — Titrirung der Barytlösung.

Dadurch dass die Barytlösung beim Eingiessen in den Trichter und in das Fläschchen mit deren CO_2-haltiger Luft in Berührung kommt, wird etwas CO_2 zur Absorption gelangen und einen Fehler verursachen; derselbe ist aber so ausserordentlich geringfügig, namentlich gegenüber den grossen Luftmengen, mit denen stets operirt wird, dass er vernachlässigt werden kann, und eine Abänderung des Verfahrens z. B. in der Weise, dass die Luft des Fläschchens erst durch eine eingeführte Kalikugel von CO_2 befreit wird, nicht erforderlich ist. —

Man bekommt die Menge der absorbirten Kohlensäure zunächst nur ausgedrückt durch die Cubikcentimeter Oxalsäure- oder Schwefelsäurelösung, welche nach dem Durchleiten der Luft weniger gebraucht werden, um den Baryt von 25 cc Barytwasser zu neutralisiren. War die Säure jedoch in der oben angegebenen Stärke (2,8636 gr Oxalsäure auf 1 l Wasser) bereitet, so giebt diese Anzahl von Cubikcentimetern auch zugleich die Zahl der Milligramme CO_2, welche von 25 cc Barytlösung aus der Luft aufgenommen sind. Berechnung der Resultate.

Denn das Aequivalent der Oxalsäure beträgt 126 (s. oben); das der $CO_2 = 44$ $(12 + 2 \times 16 = 44)$; 126 Gewichtstheile Oxalsäure haben also die gleiche Wirkung und vermögen eben so viel Baryt zu neutralisiren, wie 44 Gewichtstheile CO_2; 126 verhält sich aber zu 44, wie 2,8636 zu 1; eine Lösung, die 2,8636 gr. Oxalsäure enthält, ist also gleichwerthig einer Lösung von 1 gr. CO_2 im Liter oder 1 mgr. CO_2 im Cubikcentimeter. — Ist die Säurelösung in anderer Concentration hergestellt, so hat man zuerst durch einfache Rechnung zu ermitteln, welcher Menge CO_2 ein Cubikcentimeter derselben entspricht; dies geschieht nach dem Ansatz $\frac{126}{44} = \frac{a}{x}$, wenn a die Gewichtsmenge Oxalsäure in Gramm pro Liter oder in Milligramm pro 1 cc 1) Berechnung nach Milligrammen CO_2 im Liter Luft.

bedeutet. — Der Wirkungswerth der Schwefelsäurelösung wird erst durch Vermittlung der Barytlösung festgestellt; man findet zunächst wie viel CO_2 zur Neutralisirung von 25 cc der letzteren erforderlich ist, indem man Oxalsäure benutzt; dann ermittelt man, wie viel Cubikcent. der Schwefelsäure die gleiche Wirkung auf 25 cc Barytlösung haben; war mittelst der Oxalsäure z. B. gefunden, dass p milligr. CO_2 zur Neutralisirung von 25 cc Barytwasser erforderlich sind, und hat man q cc Schwefelsäure für das gleiche Volumen verbraucht, so hat 1 cc Schwefelsäure denselben Wirkungswerth wie $\frac{p}{q}$ milligr. CO_2. — Dieser Titer der Säure wird zweckmässig auf der Flasche selbst notirt. —

Zu beachten ist, dass die CO_2-Menge, welche sich bei der Titrirung von 25 cc der Barytlösung ergiebt, noch mit 4 zu multipliciren ist, wenn man auf die gesammte absorbirte CO_2 zurückrechnen will, da ja im Ganzen 100 cc Barytlösung zur Aufnahme der CO_2 verwendet wurden. — Ferner ist das Luftvolum um 100 cc geringer in Anschlag zu bringen, als das Volum der geaichten Flasche, da die eingegossene Barytlösung so viel Luft aus derselben verdrängt hat. — Nach Vornahme dieser Reductionen erhält man sodann genau die Milligramme CO_2, welche in einem bestimmten Volumen Luft enthalten waren.

2) Umrechnung auf Volumprocente.

Gerade wie bei der Bestimmung des Wassergehalts der Luft wird aber dieses in Gewichtstheilen CO_2 pro Volum Luft ausgedrückte Resultat noch umzuwandeln sein in Volumprocente; und da Gasvolumina nur bei demselben Druck und derselben Temperatur vergleichbar sind, werden entweder die Milligramme CO_2 in Cubikcentimeter CO_2 von der Temperatur und dem Druck der Luft zu verwandeln sein; oder aber beide, sowohl das Luftvolum, wie die CO_2, sind auf die gemeinsame Basis von 0° und 760 mm Barometerstand zu reduciren.

Folglich wird es nöthig sein, bei jeder CO_2-Bestimmung Temperatur und Luftdruck im Untersuchungsraum zu messen. — Am zweckmässigsten schaltet man die Beobachtung des Thermometers und Barometers ein, wenn die Flasche gefüllt und verschlossen ist, und während man die vollständige Absorption der CO_2 abwartet. —

Reduction beider Gasarten auf 0° u. 760mm Druck.

Die Reduction beider Gasarten auf 0° und 760mm. Bar. ist die gebräuchlichere und wird folgendermassen vorgenommen: Zunächst für die CO_2 ist sie ausgeführt, wenn man die Zahl der Milligramme mit 0,508 multiplicirt; denn 1 cc CO_2 von 0° und 760 mm Bar. wiegt 1,97 milligr. (= 1,293, das Gewicht von 1 cc Luft unter den gleichen Verhältnissen, × 1,524, das specifische Gewicht der CO_2); folglich ist 1 milligr. = 0,508 cc CO_2.

Die Reduction des Luftvolums erfolgt nach der Gleichung:

$$V = \frac{V_1 \cdot B}{(1 + 0,00367 \cdot t) \cdot 760},$$

0,00367 (= $\frac{1}{273}$) ist der Ausdehnungscoëfficient der Luft, welcher angiebt, um welchen Theil ein Volum Luft ausgedehnt wird, wenn es sich um 1° erwärmt; aus V, dem Luftvolum bei 0° wird daher bei + 1° = $V + V \cdot 0,00367$; und bei

$t^0 = V + V \cdot 0{,}00367 \cdot t$ oder $V(1 + 0{,}00367 \cdot t)$; bezeichnet man dieses ausgedehnte, der Temperatur t zukommende Luftvolum mit V_1, so ist also $V_1 = V(1 + 0{,}00367 \cdot t)$, und folglich $V = \frac{V_1}{1 + 0{,}00367 \cdot t}$; d. h. das Volum von 0^0 wird gefunden indem man das abgelesene Volum von t^0 durch $1 + 0{,}00367 \cdot t$ dividirt. —

Ferner verhalten sich die Volumina zweier Gasarten umgekehrt wie die Barometerstände; folglich ist, wenn V das Volumen bei 760 mm bezeichnet und V_1 dasjenige beim Barometerstand B, $\frac{V}{V_1} = \frac{B}{760}$; und $V = \frac{V_1 \cdot B}{760}$; d. h. das Volumen vom Barometerstand 760 mm wird gefunden, indem man das abgelesene Volumen vom Barometerstand B mit $\frac{B}{760}$ multiplicirt. —

Beide Reductionen zusammengefasst, ist also das abgelesene Volum von t^0 und B Barometerstand durch $1 + 0{,}00367 \cdot t$ zu dividiren und mit $\frac{B}{760}$ zu multipliciren. —

Zur Erleichterung dieser Rechnung dient Tabelle X. In der Columne $1 + at$ findet man die Werthe für $1 + 0{,}00367 \cdot t$ für die verschiedenen Temperaturgrade; man hat also nur das abgelesene Luftvolum durch den Factor zu dividiren, welcher in der Tabelle neben der am Thermometer beobachteten Zahl steht. Ferner liefert die $\frac{B}{760}$ überschriebene Columne die Werthe dieses Ausdrucks für die verschiedenen Barometerstände innerhalb der gewöhnlichen Grenzen; mit dem hier gefundenen Factor ist das auf 0^0 reducirte Volum noch zu multipliciren. — Mit Anwendung von Logarithmen ist die Rechnung natürlich bedeutend einfacher, da es sich alsdann nur um Addition, resp. Subtraction der in der Tabelle mit verzeichneten Logarithmen handelt. — **Tabellen zur Reduction.**

Es ist zweckmässig, für die zum Gebrauch bestimmten Flaschen von vornherein Correctionstafeln herzustellen, in welchen man registrirt, wie gross das auf 0^0 und 760 mm Bar. reducirte Luftvolumen ist, wenn die Flasche bei verschiedenen Temperaturen und Barometerständen gefüllt wird. Eine solche Tafel ist mittelst der gegebenen Tabellen in kürzester Zeit hergestellt und erspart dann für die einzelnen Versuche jede Umrechnung des Luftvolums. —

Der Factor $\frac{B}{760}$ weicht, wie aus der betreffenden Columne zu ersehen ist, innerhalb der gewöhnlichen Schwankungen des Barometers sehr wenig von 1 ab, und beeinflusst daher das Volum in äusserst geringem Maasse; man kann demnach in sehr vielen Fällen, jedenfalls so lange sich das Barometer zwischen 750 und 770 Millim. bewegt, diese Reduction ganz fortlassen und bedarf alsdann also auch nicht einer besonderen Beobachtung des Luftdrucks. **Reduction ohne Berücksichtigung des Barometerstandes.**

Will man den CO_2-Gehalt in Gewichtsprocenten ausgedrückt haben, so ist das Luftgewicht (in Milligramm) einfach durch Multiplication des reducirten Luftvolums (in Cubikcentimeter) mit 1,293 gefunden. —

Wenn es lediglich auf Kenntniss der Volumprocente ankommt, so ist es häufig einfacher, statt der Reduction beider Gasarten vielmehr nur die Gewichtsmenge CO_2 in Volum CO_2 von der Temperatur und dem Druck der Luft zu verwandeln. Dies geschieht mittelst der Tabelle XII, welche allerdings nur für enge Grenzen, und zwar vorzugsweise für die bei Ventilationsbestimmungen vorhandenen Bedingungen berechnet ist; man findet in derselben dasjenige Volumen, welches 1 Milligramm CO_2 bei verschiedenem Druck und verschiedener Temperatur **Reduction des CO_2-Volums auf Temperatur u. Druck der Luft.**

einnimmt, und die erhaltene Gewichtsmenge CO_2 in Milligrammen ist daher einfach mit dem durch die entsprechenden Columnen gegebenen Factor zu multipliciren, um das mit dem Luftvolum vollkommen vergleichbare Volumen CO_2 in Cubikcent. zu erhalten. —

Sind nun durch diese Rechnungen a cc CO_2 in b cc Luft ermittelt, so ergiebt sich das Procentverhältniss nach dem Ansatz: $\frac{a}{b} = \frac{x}{100}$, also $x = \frac{a \cdot 100}{b}$; oder wenn das Verhältniss pro mille angegeben werden soll: $x = \frac{a \cdot 1000}{b}$.

Zusammenstellung der erforderlichen Apparate mit Rücksicht auf den Transport.

Die Apparate, welche zu der vorstehend beschriebenen Methode der CO_2-Bestimmung erforderlich sind, mögen hier noch einmal übersichtlich zusammengestellt werden.

An den Ort, dessen Luft untersucht werden soll, sind mitzunehmen:

1) titrirte Barytlösung in einer Flasche von etwa 1—2 l Inhalt (von der Form wie Fig. 45).
2) 1 Flasche von 3—6 l Capacität, nebst Kautschuckkappe.
3) 1 Pipette zu 100 cc.
4) 1 Blasebalg.
5) 1 Thermometer; eventuell auch ein (Aneroid-)Barometer, welches jedoch in den meisten Fällen entbehrlich ist.
6) 1 kleines Fläschchen von circa 100 cc Inhalt, zur Aufnahme des Barytwassers nach der CO_2-Absorption, und 1 Trichter. —

Das Ueberfüllen des Barytwassers braucht nicht nothwendig im Untersuchungsraum zu geschehen, sondern die mit der Kautschuckkappe verschlossene Flasche kann auch nach dem Laboratorium resp. nach der Wohnung des Beobachters transportirt und dort entleert werden.

Ebendort sind ferner titrirte Schwefelsäure, Rosolsäure, Kolben zum Titriren etc. vorräthig zu halten.

Nur die sub 1—5 genannten Gegenstände müssen also zu jeder CO_2-Bestimmung an Ort und Stelle geschafft werden, was ohne alle Schwierigkeit ausführbar ist. Will man mehrere Bestimmungen vornehmen, so ist die entsprechende Anzahl der sub 2 genannten Flaschen oder aber Alkohol und Aether mitzunehmen, um dieselbe Flasche rasch wieder trocknen zu können.

Die am Untersuchungsort nöthigen Operationen sind innerhalb weniger Minuten beendet; ebenso erfordern die einige Stunden später auszuführenden Titrirungen nur ausserordentlich kurze Zeit. Das ganze Verfahren ist demnach in keiner Hinsicht als umständlich oder zeitraubend zu bezeichnen, sobald nur die Titrirflüssigkeiten hergestellt sind, mit denen man sich aber durch die Arbeit weniger Stunden für Jahre hinaus versehen kann.

Die Methode, welche PETTENKOFER zur Bestimmung des mittleren CO_2-Gehalts der Luft während einer längeren Zeitperiode angegeben hat, ist der im Anfang dieses Capitels beschriebenen Methode ähnlich, bei welcher die CO_2 durch Wägung bestimmt wurde; nur verwendet man zur Füllung der Absorptionsröhren Barytwasser, und die CO_2-Menge, welche die durchstreichende Luft an dasselbe abgiebt, wird nicht gewogen, sondern titrirt.

2. Methode Bestimmung des durchschnittlichen CO_2-gehalts der Luft während einer längeren Zeit.

Erforderliche Apparate.

Eine Glasröhre von der Form, wie sie Fig. 47 zeigt, wird mit Barytlösung von bestimmtem Gehalt (wiederum circa 6 gr pro 1 l) beschickt; die Capacität der Röhre beträgt etwa 100 cc; sie wird aber nur mit 50 oder höchstens 75 cc Flüssigkeit gefüllt, um einem Herausschleudern der letzteren vorzubeugen. Die Röhre wird dann in einem Stativ befestigt und zwar so, dass sie nicht horizontal, sondern mit dem Ende, in welches die Luft eintreten soll, etwas tiefer liegt; man erreicht dadurch, dass sie trotz der geringen Füllung durch eine lange Flüssigkeitsschicht vollkommen abgesperrt ist. An dem geneigten Ende ist die Röhre mit einem Kautschuckkork verschlossen, durch dessen Bohrung ein dünnes Glasrohr durchgeführt ist; dasselbe trägt unten ein Stückchen Kautschuckschlauch, welches auf dem Boden der Absorptionsröhre aufliegt; oben ist es offen oder eventuell mit einer längeren Leitung von Glas- und Kautschuckröhren im Zusammenhang. Das andere Ende der Absorptionsröhre trägt eine kuglige Erweiterung, verjüngt sich dann stark, und wird mit dem Aspirator verbunden. — Soll eine Bestimmung vorgenommen werden, so wird die vorher vollständig getrocknete Röhre zunächst von den Verbindungen gelöst, der Kork entfernt, und die gemessene Menge Barytwasser mittelst Pipette eingelassen; dann wird der Kork fest aufgesetzt, die Röhre in's Stativ eingeklemmt, in die richtige Lage gebracht, und nun die Verbindung mit dem Aspirator hergestellt. Sind alle Verschlüsse

Fig. 47.



Kohlensäure-Bestimmung.

Versuchsanordnung.

dicht, so wird der Quetschhahn des Aspirators geöffnet und der Wasserausfluss so regulirt, dass die Luft mit mässiger Geschwindigkeit das Barytwasser passirt; die einzelnen Luftblasen müssen dabei deutlich zählbar bleiben. Man registrirt noch Thermometer- und Barometerstand, und lässt dann den Luftdurchtritt längere Zeit, meist mehrere Stunden, vor sich gehen, bis circa 5 l Wasser ausgeflossen sind. Darauf sistirt man den Ausfluss, löst die Verbindung mit dem Aspirator und stülpt über das dadurch frei gewordene Ende der Absorptionsröhre ein Fläschchen von circa 100 cc Inhalt, nimmt dann die Röhre aus dem Stativ, löst den Kautschuckkork, und richtet die Röhre aufwärts, so dass ihr Inhalt in das kleine Fläschchen fliesst; dieses wird sofort nach der Füllung verkorkt. Nun wird noch der Aspirator gewogen und so das Volum der durchgeleiteten Luft bestimmt (vgl. pag. 76); und endlich werden Temperatur und Barometerstand nochmals abgelesen und aus beiden Beobachtungen das Mittel genommen. — Die Titrirung des Barytwassers und die Berechnung erfolgt ganz wie bei der Bestimmung des momentanen CO_2-Gehalts.

Indicationen für die Anwendung der 2. Methode.

Ist die Luft sehr CO_2-reich, so kann es nothwendig werden, stärkeres Barytwasser oder 2 Absorptionsröhren anzuwenden. Zuweilen — namentlich bei Untersuchungen der Bodenluft — kommt es vor, dass der CO_2-Gehalt so hochgradig ist, dass man von der Anwendung des Barytwassers ganz abstrahiren muss, da alsdann selbst weite Röhren durch den massenhaft ausgeschiedenen $BaCO_3$ mehr weniger undurchgängig werden können. Für solche Fälle zieht man daher die Vorlage von Kalilauge und Wägung der CO_2 vor. — Auf den Wasserdampf der Luft braucht man bei der beschriebenen Methode keine Rücksicht zu nehmen, da das grosse Volumen Barytwasser durch die Wasserdampfmenge, welche die durchstreichende Luft daraus aufnehmen könnte, ihren Titer nicht merklich ändern kann (10 l Luft würden höchstens 0,2 gr Wasser in Form von Dampf fortführen können).

Die Methode ist namentlich da anwendbar, wo die Luft eines Ortes untersucht werden soll, der unzugänglich ist und deshalb die erstbeschriebene Methode nicht gestattet. Man führt dann eine Leitung von Glas- und Kautschuckrohr bis zu der Absorptionsröhre und verbindet sie fest mit dieser; so kann man die Luft aus den oberen Regionen der Wohnzimmer, aus dem Boden etc. leicht zur Untersuchung bekommen. — Ausserdem hat diese Methode eine besondere Bedeutung für die Ventilationsbestimmungen, von denen ein späteres Capitel handeln wird. —

Abgekürzte Methoden zur annähernden Bestimmung der CO_2.

Obwohl eine Vereinfachung des Pettenkofer'schen Verfahrens der CO_2-Bestimmung kaum nöthig erscheint, da dasselbe ohne Laboratorium, mit den einfachsten Hülfsmitteln, und in kürzerer Zeit, als die Mehrzahl der übrigen hygienischen Untersuchungsmethoden ausführbar ist, so hat man doch mehrfach Modificationen ersonnen, und hat namentlich einen noch leichter transportabeln, compendiöseren Apparat und ein schnelleres Endresultat zu erzielen gesucht.

Von Hesse ist eine Abänderung des Pettenkofer'schen Verfahrens empfohlen, die im Wesentlichen auf eine Verwendung kleinerer Luftvolumina und auf eine sofortige, noch vor dem Absetzen des $Ba CO_3$ vorgenommene Titrirung des Barytwassers hinausläuft. Die an den Untersuchungsort mitzunehmenden Instrumente sind dann folgende: 1) Eine geaichte Flasche von höchstens 500 cc Inhalt, nebst Kautschukkappe; dieselbe wird mit der Untersuchungsluft dadurch gefüllt, dass ein Glasrohr bis auf ihren Boden geführt wird, an dem man mit dem Munde saugt; der Blasebalg wird also entbehrlich; 2) eine Pipette zu 10 cc; 3) eine Bürette mit lang ausgezogener Spitze, die in einem doppeltdurchbohrten Kork steckt; 4) Rosolsäurelösung; 5) 1 Thermometer; 6) titrirtes Barytwasser und 7) titrirte Schwefelsäure oder Oxalsäure; beide sind erheblich verdünnter als bei dem Pettenkofer'schen Verfahren; die Säure hat nur etwa $^1/_{10}$, das Barytwasser $^1/_3$ des dort gebräuchlichen Gehaltes.

1) Modification des Pettenkofer'schen Verfahrens nach Hesse.

Die Ausführung ist folgendermassen: Wenn die Glasflasche mit der zu untersuchenden Luft gefüllt ist, lässt man 10 cc Barytwasser zufliessen, verschliesst mit mit einer Gummikappe, schwenkt einige Minuten um, öffnet dann die Kappe, fügt 1 Tropfen Rosolsäure zu und setzt den doppeltdurchbohrten Kork auf, durch dessen eine Oeffnung die Bürette gesteckt ist; diese füllt man mit der Säure und titrirt dann direct in das getrübte Barytwasser hinein. [17] —

Man erhält mit dieser Methode bedeutend ungenauere Werthe, als mit der erstbeschriebenen; einige Fehlerquellen der letzteren, z. B. die unvermeidliche Berührung des Barytwassers mit der umgebenden Luft fielen dort nur deshalb nicht in's Gewicht, weil die zur Untersuchung gezogenen Luftvolumina so erheblich waren und mindestens 3 Liter betrugen; während die Fehler um so bedeutsamer werden müssen, je mehr man die Volumina vermindert. — Vor allem aber wird bei dem abgekürzten Verfahren die wichtige Vorsichtsmassregel ausser Acht gelassen, dass man den kohlensauren Baryt vor dem Titriren entfernt; ohne diese ist aber ein scharfes Erkennen der Endreaction gar nicht möglich (vgl. pag. 135). Namentlich wenn der Gehalt der Luft an CO_2 einigermassen bedeutend ist und stärkere Trübung durch suspendirten $Ba CO_3$ veranlasst, müssen die Resultate der wünschenswerthen Zuverlässigkeit durchaus entbehren. — Gegenüber diesen Einwänden bietet andererseits die relativ geringfügige Vereinfachung der erforderlichen Apparate kein genügendes Aequivalent. —

Für alle quantitativen Bestimmungen des CO_2-Gehalts, wie sie für Begutachtungen von Wohnräumen z. B. erforderlich sind, wird man daher an dem Pettenkofer'schen Verfahren festhalten müssen. Soll jedoch lediglich eine Orientirung über das Mehr oder Weniger an CO_2 in irgend einem Raume stattfinden, bei welcher es auf Fehler von 10—20 % nicht ankommt und bei der nur extreme Differenzen in's Auge gefasst werden, so kann man sich eines zweifellos erheblich einfacheren Verfahrens bedienen, das zuerst von Smith angewandt, in England zu grosser Verbreitung gebracht, und jetzt auch in Deutschland durch Lunge bekannt geworden ist. [18] — Dasselbe beruht auf dem gegentheiligen Princip wie die bisher beschriebene CO_2-Bestimmung; statt nämlich ein bestimmtes Luftvolum mit wechselnden Mengen Baryt- und Säurelösung zu behandeln, variirt man hier das Luftvolum und titrirt eine stets gleiche Menge Barytlösung gleichsam mit der zu untersuchenden Luft aus, bis irgend

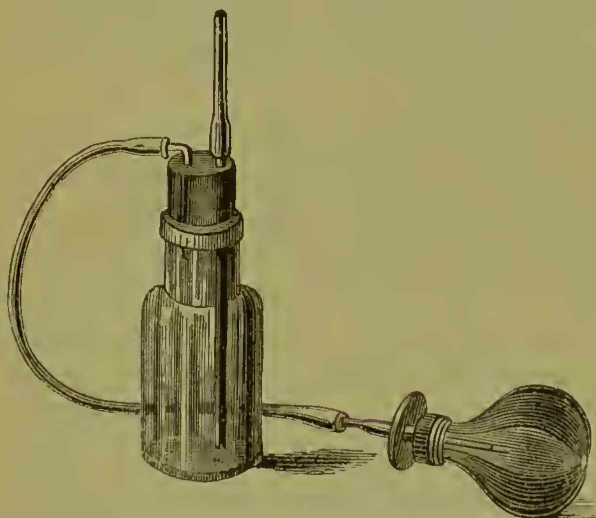
2) Minimetrisches Verfahren nach Smith-Lunge.

eine äusserlich leicht erkennbare Grenze erreicht ist; und zwar sieht man als solche die erste, eben sichtbare Trübung der Barytlösung an. Man wird bis zum Eintreten dieses Punktes um so mehr Luft gebrauchen müssen, je weniger dieselbe CO_2 enthält, und die Trübung wird um so eher auftreten, je CO_2-reicher jene ist. Die Luftmenge, die man zuführen muss, bis die erste Trübung bemerkbar wird, misst man entweder mittelst kleiner Glasflaschen von bekannter, verschiedener Grösse oder mittelst eines kleinen Kautschuckballons.

Anwendung verschieden grosser Flaschen von bekanntem Volum.

Ersteres geschieht, indem man eine Reihe Fläschchen von 150, 200, 250, 300 cc u. s. w. Inhalt in dem zu untersuchenden Raume aufstellt, und mittelst eines kleinen Blasebalgs mit Luft füllt; dann giesst man in eine jede 15 cc klares Barytwasser ein, welches in einem mit Marke versehenen Reagenscylinder abgemessen werden kann, verkorkt alle Flaschen und schüttelt zunächst die kleinste derselben; dabei beobachtet man, ob eine Trübung sichtbar wird; ist dies nicht der Fall, geht man zu der nächst grösseren Flasche über und so fort, bis eben eine deutliche Trübung sich zeigt. Je kleiner das Luftvolum ist, welches Trübung des Barytwassers hervorruft, um so stärker ist der CO_2-Gehalt.

Fig. 48.



Minimetrischer Apparat.

Anwendung des minimetrischen Apparats.

Das andere Verfahren, welches entschieden den Vorzug verdient, erfordert eine kleine besondere Vorrichtung, den sog. minimetrischen Apparat. Derselbe besteht (Fig. 48) in einem Fläschchen von etwa 50 cc Capacität; dieses ist mit einem doppelt durchbohrten Kork verschlossen, durch dessen eine Bohrung ein gerades, oben mit kurzem Ansatz von Gummirohr versehenes Glasrohr bis zum Boden der Flasche führt; in der anderen steckt ein kurzes rechtwinklig gekrümmtes Glasrohr, das dicht unter dem Kork endet und nach aussen durch einen längeren, dicken Kautschuckschlauch mit einem kleinen Gummiballon von etwa 25 cc Inhalt verbunden ist. Zwei Ventile vermitteln den Durchgang der Luft; das eine wird am einfachsten dadurch hergestellt, dass in den langen Kautschuckschlauch nahe am Fläschchen ein Längseinschnitt gemacht wird; eine solche Oeffnung gestattet dann zwar den Austritt, aber nicht das Eindringen von Luft. Das andere Ventil ist am äusseren Ende des geraden Glasrohres anzubringen, und zwar kann man

Einrichtung der Ventile.

entweder die Ventilwirkung mit der Hand nachahmen, indem man den kurzen Kautschuckschlauch, je nachdem der Durchgang für die Luft offen oder verschlossen sein soll, zusammendrückt oder loslässt. Oder praktischer construirt man auch hier ein selbstthätiges Ventil mit Hülfe eines kleinen Stücks Kautschuckschlauch, welches man in der Mitte der Länge nach ein wenig aufgeschlitzt hat; am unteren Ende verschliesst man es dann durch ein Stück Glasstab, während man es oben an ein offenes, kurzes Glasrohr ansetzt; letzteres wird in einen durchbohrten Kork eingeschoben und dieser auf das nach aussen ragende Ende des geraden Glasrohrs aufgesetzt, welches in diesem Falle oben eine erhebliche, für die Aufnahme des Korks passende Erweiterung haben muss. In dem erweiterten Glasrohr hängt dann das kleine Stück Kautschuckschlauch, welches als Ventil dient, herab; die Luft von aussen kann durch das Ventil hindurchtreten, gelangt in die Erweiterung und in das Glasrohr, welches sie zum Boden der Flasche leitet; Luft aus der Flasche kann dagegen hier nicht austreten, da dieselbe das Ventil zusammendrücken muss.

Statt des letztbeschribenen kann man auch ein Ventil wählen, welches durch eine gestielte Glaskugel gebildet wird; das gerade Glasrohr trägt dann oben einen kurzen Kautschuckschlauch und in diesem ist auf einem Ringe die Kugel derart befestigt, dass die Luft von oben her passiren kann, während die Flaschenluft von unten her die Glaskugel an den Ring anpresst und so einen Verschluss herstellt. — Auch geeignete Messingventile lassen sich leicht construiren, erhöhen jedoch den Preis des Apparates nicht unerheblich. —

In das kleine Fläschchen füllt man nun 10 cc Barytwasser (Lösungen von 6 gr pro 1 l), verkorkt, schüttelt, und presst dann den Kautschuckballon fest zusammen; die Luft desselben entweicht durch das Ventil des langen Schlauches; man lässt nun den Ballon los, derselbe füllt sich wieder, aber die einströmende Luft kann nur auf dem Wege durch das Barytwasser in den Ballon gelangen; somit ist jetzt ausser der vorher vorhandenen Flaschenluft eine Luftmenge von dem Volumen der Spritze mit dem Barytwasser in Berührung gekommen und hat ihre CO_2 an dasselbe abgegeben. Man wiederholt nun die Pressung des Ballons, lässt eine zweite gleichgrosse Portion Luft einsaugen und fährt damit so lange fort, bis deutliche Trübung des Barytwassers eintritt. — Um für diesen Moment ein sicheres Merkmal zu haben, hat LUNGE empfohlen, an der Seitenwand der Flasche, da wo sie noch mit Flüssigkeit gefüllt ist, ein Stückchen weisses Papier zu befestigen, auf welchem man mit Bleistift ein Kreuz markirt hat; kann man dieses nicht mehr deutlich erkennen, so ist der erwartete Grad der Trübung eingetreten. Die Spritzenfüllungen, die bis zu dieser Grenze erforderlich sind, werden gezählt; der ursprüngliche Inhalt des Fläschchens kann bei den angegebenen Dimensionen zu 2 Spritzenfüllungen gerechnet werden; und die Summe giebt diejenige

Ausführung des minimetrischen Verfahrens.

Luftmenge, welche nöthig war um Trübung zu bewirken, und welche proportional ihrem CO_2-Gehalt variiren wird. —

Fehlerquellen der minimetrischen Methode.

Diese Methode ist zwar sehr einfach, hat aber auch eine Reihe von Fehlerquellen. — Es kann ein solcher Apparat von vornherein natürlich keine absoluten Zahlen geben; sondern es muss zunächst eine Aichung desselben in der Weise stattfinden, dass mittelst der Pettenkofer'schen Methode bestimmt wird, welcher CO_2-gehalt der Luft der verschiedenen Zahl von Ballonfüllungen entspricht. Lunge hat zwar eine Tabelle entworfen, die für jeden genau in den angegebenen Dimensionen construirten Apparat gilt; und zwar sollen entsprechen:

4	Spritzenfüllungen	einem	CO_2-Gehalt	von	2,2	pro	mille
6	„	„	„	„	1,5	„	„
8	„	„	„	„	1,1	„	„
10	„	„	„	„	0,88	„	„
12	„	„	„	„	0,74	„	„
14	„	„	„	„	0,63	„	„
16	„	„	„	„	0,54	„	„
18	„	„	„	„	0,49	„	„

Es wird aber äusserst schwierig sein, Volum des Fläschchens und des Ballons, Durchmesser des ersteren, Dicke und Farbe des Glases etc. so gleichmässig zu wählen, dass wirklich mit verschiedenen Apparaten übereinstimmende Zahlen erhalten werden. Jedoch ist eine Aichung jedes einzelnen Apparates nicht so umständlich, dass darin ein erheblicher Einwand gegen die Methode liegen könnte; und jedenfalls ist es auch ohne eine solche möglich, wenigstens vergleichbare Relativzahlen zu erhalten. — Schwerer wiegende Uebelstände sind dagegen die Unsicherheit im Abmessen des Luftvolums, und die Undeutlichkeit des Index. Die Luft wird offenbar nur dann einigermassen genau gemessen, wenn die Spritze stets in derselben vollkommenen Weise zusammengedrückt wird; man kann sich aber leicht durch Versuche überzeugen, dass dies sehr schwierig ist, dass es weder gelingt, den gesammten Inhalt derselben auszudrücken, noch den immer gleichen Rest zurückzubehalten. Ausserdem ist das Spiel der Ventile leicht Störungen unterworfen, die sich nicht sofort zu erkennen geben. — Noch weniger befriedigt der Index. Die Trübung des Barytwassers geht so allmählich vor sich, dass es sehr schwer fällt zu entscheiden, in welchem Moment das Bleistiftkreuz nicht mehr deutlich zu sehen ist; es wird bald etwas verschleiert, dann undeutlich, dann unsichtbar — welche dieser Phasen vorliegt, darüber kann man während mehrerer Spritzenfüllungen in Zweifel sein. Ferner ist das Auge des Beobachters und namentlich die Beleuchtungsintensität von erheblichem Einfluss auf das Resultat. —

Fraenkel's Modification des minimetrischen Apparats.

Diese Fehlerquellen bedingen jene störende Unsicherheit beim Gebrauch des minimetrischen Apparates, die selbst bei solchen Methoden wo möglich vermieden werden muss, von welchen man nur Annäherungswerthe erwartet. — Vielleicht ist aber das Verfahren noch verbesserungsfähig; so hat B. Fraenkel vorgeschlagen, das Luftvolum mittelst einer graduirten Auslaufflasche von 500 cc zu messen, die an Stelle des Kautschuckballons mit dem Fläschchen verbunden wird und als Aspirator wirkt; durch einen kleinen drehbaren Hahn wird der Ausfluss des Wassers so regulirt, dass die Luft nur langsam durch die Barytlösung tritt. Man braucht alsdann keine Ventile, kann seine ganze Aufmerksamkeit der Beobachtung der Trübung zuwenden und erhält ein sicheres, hinreichend genaues Maass der Luftmenge. — Der Index lässt sich ferner vielleicht dadurch verbessern, dass man Täfelchen mit Sch-

proben benutzt, wie sie zur Bestimmung der Sehschärfe oder z. B. bei dem später im Abschnitt „Wasser" zu beschreibenden HILLER'schen Hydrometer in Gebrauch sind. —

Es ist nicht zu bezweifeln, dass in solcher Weise die Methode vollkommen geeignet ist, um über den CO_2-Gehalt einer Luft aufzuklären und jede erhebliche Vermehrung desselben erkennen zu lassen. — Für genauere quantitative Bestimmungen wird dagegen stets auf die PETTENKOFER'sche Methode zu recurriren sein. —

Notter's Methode der CO_2-Bestimmung.

Erwähnt sei noch das kürzlich von NOTTER angegebene Verfahren zur Messung der CO_2 der Luft, bei dem eine grössere Flasche von bekannter Capacität mit der zu untersuchenden Luft gefüllt und mit einem kleinen geschlossenen Röhrchen aus sehr dünnem Glas beschickt wird, in dem sich Kalilauge befindet; dann wird die Flasche luftdicht mit einem Kork verschlossen, in welchem ein mit gefärbtem Alkohol gefülltes Manometer eingesteckt ist; durch kräftiges Schütteln zerschmettert man das feine Glasröhrchen, die frei gewordene Kalilauge absorbirt die CO_2 und bewirkt dadurch eine Volumverminderung, die sich am Manometer ablesen lässt.[19] — Die Methode erfordert selbstverständlich äusserst subtiles Arbeiten. —

Hygienische Bedeutung des CO_2-gehalts der Luft.

Die hervorragende **hygienische Bedeutung** der CO_2-Bestimmungen, welche eine so detaillirte Beschreibung derselben nöthig machte, beruht nicht etwa auf dem directen sanitären Einfluss des CO_2-Gehalts der Luft. Letzterer bleibt vielmehr in der freien Atmosphäre stets auf einer äusserst niedrigen Grenze und schwankt gewöhnlich zwischen 0,2 und 0,5 pro mille; als Mittel kann man in grösseren Städten innerhalb der Strassen 0,4 p. m., auf dem Lande 0,3 p. m. annehmen. Erheblich höhere Werthe hat man zuweilen in sehr industriereichen Gegenden, ferner bei Waldbränden u. dgl. beobachtet; jedoch kommt fast niemals ein CO_2-Gehalt vor, welchem eine schädliche Einwirkung auf den menschlichen Organismus zugeschrieben werden könnte.[20] — Dahingegen hat die CO_2 der Luft eine hohe symptomatische Bedeutung, dadurch, dass sie häufig andere Bestandtheile der Luft andeutet, welche Gefahren bedingen können, aber der directen Analyse wenig zugänglich sind. Nur wird es einigermaassen schwer sein, den Werth dieses Symptoms in jedem einzelnen Falle richtig abzuschätzen, weil die CO_2 die verschiedensten Quellen hat, und daher je nach ihrem Ursprung das eine Mal völlig indifferent und dann wieder in einem bestimmten Verhältniss zu hygienisch differenten Stoffen auftreten kann. Bald entstammt sie dem thierischen Stoffwechsel; bald Gährungs- und Fäulnissprocessen; bald den Brennmaterialien, bald Beleuchtungsstoffen, bald chemischen Umsetzungen; und je nachdem werden ihr Vorkommen und ihre Mengenverhältnisse einer völlig anderen Deutung unterliegen.

Die CO_2 wirkt nicht direct schädlich, sondern hat wesentlich symptomatische Bedeutung.

In der freien Atmosphäre sind freilich die Ausschläge, welche man bei CO_2-Bestimmungen zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten erhält, zu geringfügig, als dass man bis jetzt auch nur irgend welche **indirecte** Beziehungen derselben hätte auffinden können. Selbst

bei den täglichen, im Observatorium von Montsouris vorgenommenen Analysen der CO_2 hat man keine charakteristische und nach irgend einer Richtung hin verwerthbare Schwankungen zu erkennen vermocht.

Innerhalb der Wohnungen kommen dagegen viel beträchtlichere und in die Augen fallende Differenzen vor, und dort lassen sich häufig aus dem CO_2-Gehalt bestimmte Schlüsse auf die specielle hygienische Bedeutung einer Luft ziehen. Bei der Besprechung der Wohnungen wird daher ausführlicher erörtert werden müssen, in welcher Weise die soeben kennen gelernten CO_2-Bestimmungen für die sanitäre Beurtheilung der Luft und für die Begutachtung der Wohnräume zu verwenden sind. —

Literatur. 1) Waehlert, Z. f. anal. Ch. Bd. 7, p. 58. — Rüdorf, Pogg. Ann. Bd. 125, p. 71. — 2) Tyndall, Die Wärme als eine Art etc. 1867, p. 536. — 3) Fresenius, Z. f. anal. Ch. Bd. 5, p. 87. — Karsten, Viert. f. prakt. Pharm. Bd. 20, p. 423. — 4) Dibbits, Z. f. anal. Ch. Bd. 15, p. 121. — 5) Claesson, Chem. Ber. Bd. 9, p. 174. — Kreusler, Zeitschr. f. Chem. N. F. Bd. 2, p. 292. — 6) Arendt, Chem. Centralbl. 1856. — Scheibler, Journ. f. prakt. Chem. Bd. 76, p. 177. — Carey Lea, Graduirung u. Prüfung der Büretten, Americ. Journ. of sc. and arts Bd. 17, p. 375. ref. in Zeitschr. f. anal. Ch. Bd. 6, p. 111. — Tatlock, Chem. News Bd. 23, p. 14. — Mohr, Z. f. anal. Ch. Bd. 7, p. 285. — 7) Siehe: Mohr, Lehrbuch der Titrirmethode; u. Fresenius, Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse. — Ueber Modificationen von Büretten, vgl. Blondlot, Journ. de Pharm. et de Chim. 40. 31. — Wittstein, Viertelj. f. prakt. Pharm. Bd. 16, p. 567. — Gavalovsky, Zeitschr. f. Chem. N. F. Bd. 6, p. 129. — Gondolo, Rev. hebdom. de chim. 1869. — Kleine Bürette, ähnlich den subcutanen Injectionsspritzen, Chem. News, Bd. 23. 14. — Volhard, Ann. d. Chem. u. Ph. 176. 240. — Reischauer, Z. f. anal. Ch. Bd. 14, p. 182. — König, Dingler's Journal, 217. 134. — Sestini, Z. f. anal. Ch. 16, p. 468. — Kleinert, ibid. Bd. 17, p. 183. — Bürettenverschluss: Gintl, Deutsche Gewerbez. 1867, p. 171. — Mylius, Arch. f. Pharm. (3). 3. 151. — 8) Darstellung von Lakmustinctur u. -papier: Vogel, N. Rep. f. Pharm. Bd. 11, p. 182. — Berthelot de Fleurieu, Ann. de chim. et de phys. (4). 5. 189. — Vacher, Chem. News, Bd. 17, p. 277. — Gottlieb, J. f. prakt. Ch. 107. 488. — Bullock, Z. f. anal. Ch. Bd. 11, p. 192. — Mohr, ibid. B. 12, p. 372. — Beobachtung des Lakmus bei künstl. Beleuchtung: Blades, Pharm. Journ. 6. 9. 479. — d'Henry, Compt. rend. Bd. 76, p. 222. — 9) Schönbein, Pogg. Ann. Bd. 114, p. 275. — 10) F. Hofmann, Jubelband der Beitr. z. Anat. u. Physiol. von C. Ludwig, Leipzig 1875. — 11) Göppelsröder, Pogg. Ann. Bd. 119, p. 64. — Selle, Pharm. Centralhalle 9, p. 168. — Pellagri, Chem. Ber. Bd. 9, p. 344. — Stevenin, Répert. de Pharm. 1875. — Stolba, Z. f. anal. Ch. Bd. 14, p. 324. — Sitzungsber. d. K. böhm. Ges. d. W. 1876. 5. — Borntraeger, Z. f. anal. Ch. Bd. 17, p. 459. — Luckow, J. f. prakt. Chem. Bd. 84, p. 424. — Schaal, Chem. Ber. Bd. 6, p. 1180. — Boettger, Jahresber. des physik. Ver. zu Frankfurt 1865/6 u. ibid. 1867 8. — Fittig, Z. f. anal. Ch. Bd. 12, p. 435. — Luck, Z. f. anal. Ch. Bd. 16, p. 332. — Trébault, Journ. de Pharm. u. de Chim. (4). 23. 263. — Weiske, Journ. f. prakt. Ch. N. F. 12. 157. — Huber, Pharm. Centralhalle, 17. 346. — Schönbein, J. f. prakt. Ch. Bd. 95, p. 449. — Krüger, Chem. Ber. 9, p. 1572. — v. Miller, Chem. Ber. 1878, p. 460. — Schulze u. Märcker, Zeitschr. f. anal. Ch. Bd. 9, p. 335. — 12) Pincus, Journ. f. prakt. Ch. Bd. 76, pag. 171. — Reischauer, Dingl. polyt.

Journ. 167. 47. — Erdmann, J. f. prakt. Ch. 75. 213. — Fleischer, Chem. News 19. 303. — Hartley, Chem. News, 26. 261. — Z. f. anal. Ch. 12, p. 89. — 13) Reinigung der Oxalsäure: Stolba, Polyt. Notizbl. 23. 332. — Habedank, Z. f. anal. Ch. Bd. 11, p. 282. — Reichardt, ibid. Bd. 13, p. 50. u. Bd. 16, p. 334. — 14) Watson, Journ. f. prakt. Chem. Bd. 6, p. 75. — v. Gilm, Sitz. d. Wiener Akad. d. W. Bd. 24, p. 279. — Chem. Centralblatt 1857. — v. Pettenkofer, Abhandl. der naturw. u. technischen Com. d. K. bayr. Ak. d. Wiss. II. — Ann. d. Ch. u. Pharm. 2. Suppl. Bd. p. 1. — Ueber den Luftwechsel in Wohngebäuden, München 1858. — Vgl. unter „Ventilation". — 15) Wittstein, Viert. f. prakt. Pharm. 11. 573. — Bizio, Zeitschr. f. Chem. 13. 52. — Z. f. anal. Chem. Bd. 9, p. 392. — 16) Schulze, Landwirthsch. Versuchsstat. 1869. 1. — Fleck, Journ. f. prakt. Ch. N. F. 3. 349. — 17) Hesse, Z. f. Biologie, Bd. 13. — ibid. Bd. 14. — Viert. f. öff. Ges. Bd. 10, p. 265. 278. 728. — 18) Smith, Mem. of the soc. etc. of Manchester 1868. — Air and Rain, the beginnings of a chemical climatology, London 1872. — Lunge, Zur Frage der Ventilation, 2. Aufl., Zürich 1879. — Wiel, Viertelj. f. öff. Ges. Bd. 11, pag. 235. — 19) Notter, Sanitary Record, 5. 167. — 20) Smith, l. c. — Truchot, Naturforsch. Bd. 10. 230. — Farsky, Sitz. d. Wiener Ak. d. W. 2. Abth. Bd. 74. — F. Schulze, Naturf. 1871. 4, p. 359. — Reiset, Comp. Rend. Bd. 88, p. 1007. — Fittbogen u. Haesselbarth, Arch. f. Pharmac. 1873. II. 463. — Landw. Jahrb. v. Nathusius 1879, p. 669. — Hayne, Med. chir. Transact. 57. 179. — v. Pettenkofer, Z. f. Biol. Bd. 11, p. 381. — Tissandier, Compt. rend. Bd. 80, pag. 976. — Léwy, Ann. de Montsouris, 1878. —

III. Untersuchungen der häufiger vorkommenden gasförmigen Beimengungen der Luft.

Untersuchung der Luft auf beigemengte Gase.

In der freien Atmosphäre finden sich immer nur sehr geringfügige Beimengungen fremder Gase; unter besonderen Verhältnissen jedoch und namentlich innerhalb der Wohnungen von Menschen und unter dem Einfluss ihrer Gewerbthätigkeit können diese Gase einen erheblichen Bruchtheil der zur Untersuchung gelangenden Luft ausmachen. — Je nach der zu erwartenden Menge ist dann die analytische Methode verschieden; sind die Quantitäten des fremden Gases einigermassen erheblich, so kann man die gasometrische Bestimmung anwenden, in ganz ähnlicher Weise, wie bei der Ermittlung des Sauerstoffgehalts. Man muss alsdann Mittel suchen, welche die specielle Gasart, aber auch nur diese, absorbiren und mittelst derer man dieselbe einem Gasgemenge entziehen kann; ist ein solches Absorptionsmittel gefunden, so geschieht die Analyse, genau wie oben beschrieben wurde, in einer Messröhre, die jede Volumverminderung der abgesperrten Luft zu messen gestattet.[1] —

Uebersicht der anwendbaren Methoden.

Sind die Quantitäten des zu untersuchenden Gases sehr klein, so würde die Volumverminderung des im Eudiometer enthaltenen Luftvolums durch Absorption zu gering ausfallen; man muss vielmehr dann möglichst grosse Luftvolumina zur Untersuchung zu ziehen suchen. Dies erreicht man am einfachsten dadurch, dass man gemessene Mengen Luft durch Flüssigkeiten streichen lässt, welche den gesuchten Bestandtheil

zurückhalten oder in irgend einer Weise seine Menge markiren. — Reinsch bediente sich grosser ausgespannter Leinwanddächer, welche mit absorbirenden Flüssigkeiten überrieselt wurden; die abgeflossenen Mengen wurden gesammelt, durch Eindampfen concentrirt, und dann weiter verarbeitet.[2] — In sehr vielen Fällen ist es zweckmässig, statt der Luft die Niederschläge zu untersuchen, welche die verschiedenen Bestandtheile der Luft mit sich niederreissen und so der Analyse zugänlich machen; daher hat man an einzelnen Observatorien Regen und Schnee einer regelmässigen chemischen Analyse unterworfen. — Endlich können künstlich Niederschläge in der Luft hervorgerufen werden, indem man z. B. durch Abkühlung Condensation des Wasserdampfs an einer Glasfläche veranlasst; der gebildete Thau enthält dann zugleich viele Nebenbestandtheile der Luft. — Die letztgenannten Methoden sind ausserdem namentlich für die Untersuchung der suspendirten Luftbestandtheile in Anwendung gezogen und werden daher im nächsten Capitel eingehender beschrieben. —

Untersuchung der Luft auf Kohlenoxyd.

Unter den gasförmigen Beimengungen der Luft hat das Kohlenoxyd besonderes hygienisches Interesse, weil häufig tödtliche Vergiftungen durch dasselbe erfolgen. Freilich kommt dasselbe in freier Atmosphäre selten in nachweisbarer Menge vor; dagegen kann es durch Heizanlagen unter später zu besprechenden Bedingungen sich in höherem Grade der Zimmerluft beimengen; ferner ist es Bestandtheil des Leuchtgases, des Tabacksrauchs etc. — Folgende Methoden dienen zur Bestimmung des Kohlenoxyds (CO):

1) mittelst Palladiumchlorür.

1) CO wirkt reducirend auf Palladiumchlorür und scheidet aus einer Auflösung desselben in Wasser (von solcher Concentration, dass die Farbe die eines dunkelen Madeiraweins ist), oder auch aus einer säurefreien Lösung von Natrium-Palladiumchlorür, das Palladium in zarten schwarzen Plättchen ab. Man leitet am besten die zu untersuchende Luft durch eine Vorlage mit der genannten Lösung; da aber Ammoniak und Schwefelwasserstoff eine ähnliche Wirkung haben können, wie das CO, lässt man die Luft zuerst durch verdünnte Schwefelsäure und dann noch durch eine Lösung von basisch-essigsaurem Blei streichen; ersteres absorbirt dann das Ammoniak, letztere bildet mit dem Schwefelwasserstoff Schwefelblei. — Von den häufiger mit CO gleichzeitig vorkommenden Gasen bewirken ausserdem noch manche Kohlenwasserstoffe, z. B. Acetylen eine Abscheidung von Palladium; die Methode ist daher nur mit grosser Vorsicht zur Bestimmung des CO's zu verwenden.[3] —

2) durch Kupferchlorür.

2) CO wird sehr vollständig absorbirt von einer Lösung von Kupferchlorür in Salzsäure (Salzsäure von 1,11 spec. Gew. mit Kupferchlorür gesättigt), mit welchem es eine krystallisirende Verbindung bildet. Die quantitative Bestimmung durch dieses Reagens kann im Eudiometer ausgeführt werden. Man hat dann zunächst CO_2 und O aus dem Gasgemenge zu entfernen und darauf entweder etwas von der Lösung mittelst einer Pipette einzubringen oder eine Papiermaché-Kugel mit dem Reagens zu tränken und einzuführen. Nach erfolgter Absorption ist dann noch einmal eine Kalikugel einzuführen, um etwaige Salzsäuredämpfe zu entfernen; die Volumverminderung zeigt dann den Gehalt an CO an. — Ebensowohl kann man aber auch das Reagens in eine Vorlage bringen und gemessene Luftmengen hindurchtreten lassen. Zugegensein von Acetylen ist in diesem Falle gleichgültig, da dasselbe nur von einer ammoniakalischen, nicht aber von der salzsauren Lösung von Kupferchlorür absorbirt wird. Dagegen vermag letztere CO_2 in erheblicher Menge

aufzunehmen und ebenso Sauerstoff zu absorbiren und durch diesen sich zu oxydiren. Kann daher die Bestimmung nicht im Eudiometer erfolgen, wo leicht beide Gase vorher entfernt werden können, sondern sollen grössere Luftmengen durch eine Vorlage mit Kupferchlorür hindurchgeleitet werden, so ist entweder die Lösung des Reagens vor dem Versuch mit CO_2 zu sättigen oder noch sicherer ist es, zunächst die Luft zur gleichzeitigen Entfernung der CO_2 und des Sauerstoffs durch eine Vorlage mit pyrogallussaurem Kali zu leiten. — Ist die Absorption des CO's beendet, so kann man eine sehr scharfe qualitative Prüfung der Kupferchlorürlösung auf CO-Gehalt dadurch anstellen, dass man einige cc. derselben mit dem 5—6fachen Volum Wasser verdünnt und dann einige Tropfen Natrium-Palladiumchlorür zufügt. Wenn die geringste Spur CO vorhanden ist, so zeigt sich sofort eine schwarze Wolke von fein zertheiltem Palladium.[4] —

3) Man führt das CO durch Chromsäure in CO_2 über; diese lässt man absorbiren durch Kalilauge; die Verminderung des Luftvolums wird gemessen. Am besten tränkt man Gipskugeln mit einer Mischung von 1 Vol. gesättigter Chromsäure und 2 Vol. Wasser; von einer solchen Lösung wird CO noch rasch genug absorbirt, während Grubengas etc. unverändert bleiben. Die Gipskugeln lässt man etwa 12 Stunden in dem Gasgemenge und führt dann eine Kalikugel zur Entfernung der CO_2 ein.[5] — 3) durch Oxydation mittelst Chromsäure.

4) Das CO wird zu CO_2 verbrannt, z. B. durch glühendes Kupferoxyd; die gebildete CO_2 wird in Kalilauge aufgefangen und gewogen. Etwa schon vorhandene CO_2 muss dabei zunächst entfernt werden, dadurch, dass man die Luft durch eine Vorlage mit Kalilauge leitet, ehe sie zum Kupferoxyd gelangt. — Die Methode ist jedoch nur da anwendbar, wo keine anderen C-haltigen Verbindungen vorhanden sind, die zu CO_2 verbrannt werden können; als solche kommen namentlich die Kohlenwasserstoffe in Frage. Man kann sich indess leicht überzeugen, ob die Luft diese störenden Gasarten enthält, indem man vor und nach dem Kupferoxyd noch Vorlagen mit Schwefelsäure zur Wasserabsorption einschaltet. Bei Gegenwart von Kohlenwasserstoffen muss die zweite dieser Vorlagen eine Gewichtszunahme durch neugebildetes Wasser zeigen; fehlt dieselbe, so darf gewöhnlich die Gewichtszunahme der Kalivorlage lediglich auf CO bezogen werden.[6] 4) durch Verbrenung mit Kupferoxyd.

5) Ein sehr empfindliches und einfaches Mittel zur Erkennung des CO besitzen wir in der eigenthümlichen Veränderung, welche jedes Blut durch dieses Gas erfährt. Sobald CO mit Blut eine Zeitlang in Berührung ist, wird letzteres hellroth; namentlich aber zeigt es ein verändertes Verhalten im Spectralapparat. Es treten 2 Absorptionsstreifen im Gelbgrün auf, die denen des Sauerstoff-Hämoglobin's zwar sehr ähnlich sind und nur etwas näher als diese zusammenliegen, die sich aber von jenen auf's Schärfste dadurch unterscheiden, dass sie auf Zusatz von Reductionsmitteln nicht verschwinden. Bekanntlich tritt an Stelle der beiden Streifen des Sauerstoffhämoglobins sofort nur ein solcher, etwa in dem Zwischenraum der früheren gelegener, sobald das Blut mit Schwefelammonium, Zinnchlorür, Stokes'scher Flüssigkeit (Eisenvitriollösung mit Weinsäure gefällt und dann mit Ammoniak zu einer dunkelgrünen Flüssigkeit gelöst) versetzt wird; durch alle diese Agentien werden dagegen die beiden Streifen des Kohlenoxyd-Hämoglobin's nicht verändert. — Steht das Blut mehrere Tage offen an der Luft, so verschwinden die charakteristischen

5) durch die Einwirkung von CO auf Blut.

Verhalten des CO-Bluts im Spectralapparat.

Reactionen des CO's; ebenso kann man die CO-Hämoglobinstreifen sofort entfernen, wenn man das Blut mit Kupferchlorürsalmiak behandelt, oder auch dadurch, dass man das CO dem Blute durch Aspiration entzieht und in Palladiumchlorürlösung überleitet. —

Verhalten des CO-Bluts gegen Natronlauge.

Sehr charakteristisch sind ferner die Farbeveränderungen, welche das Blut nach der Aufnahme von CO durch gewisse chemische Agentien erleidet. Verreibt man defibrinirtes Blut auf einer weissen Porcellanplatte mit etwas Aetznatronlauge von 1,3 spec. Gew., so entsteht eine grünbraune bis schwarze, schleimige Masse; CO-Blut wird dagegen mennige- bis zinnoberroth gefärbt. Noch auffallender ist die Wirkung einer Mischung von 2 Theilen dieser Natronlauge mit $2^1/_2$ Theilen Chlorcalciumlösung (1 : 3 Wasser); dieselbe färbt CO-Blut carminroth, normales Blut dagegen hellbraun bis braunroth.[8] —

Grenzen des CO-nachweises durch die Blutprobe.

Die letzterwähnten Methoden sind zwar nicht zu einer quantitativen Bestimmung des CO-Gehalts einer Luft verwerthet, wohl aber hat man den Nachweis des CO's durch die spektroskopische Untersuchung des Blutes zur Bestimmung eines festliegenden Grenzwerthes benutzt. Es lassen sich nämlich 2,5 bis 4,0 pro mille CO in einer Luft noch eben durch die charakteristischen Hämoglobinstreifen nachweisen, wenn 100 cc Luft mit 3 cc sehr verdünnter Blutlösung in einem mit Gummikappe verschlossenen Glaskölbchen in innige Berührung gebracht werden; bei einem noch niedrigeren Gehalt dagegen ist keine Veränderung des Blutes mehr wahrzunehmen. — Es wird später gezeigt werden können, dass dieser Grenzwerth und die Methode zu seiner Feststellung für die hygienische Untersuchung von Wohnungs- und speciell Heizanlagen eine gewisse praktische Bedeutung hat.[9] —

Prüfung auf Kohlenwasserstoffe.

Häufig sind in der Luft ausser dem Kohlenoxyd noch Kohlenwasserstoffe vorhanden. Will man die Menge derselben insgesammt bestimmen, so kann dies in der oben angedeuteten Weise durch Verbrennen mit Kupferoxyd geschehen, wobei dann das gebildete Wasser und die gebildete CO_2 gewogen werden.[10] Die geringsten Spuren flüchtiger Kohlenwasserstoffe lassen sich ausserdem spektroskopisch nachweisen, wenn man das von O, CO_2 und CO befreite Gasgemenge in leeren Geissler'schen Röhren sammelt und dann den elektrischen Funken durchschlagen lässt. In dem entstehenden bläulichen Lichte kann man durch das Spektroskop die Linien und Streifen des Kohlenstoffs erkennen.[11] — Sind die einzelnen schweren und leichten Kohlenwasserstoffe getrennt zu bestimmen, so geschieht dies etwa nach folgenden Principien:

1) Das sog. ölbildende Gas C_2H_4, auch Aethylen, schwerer Kohlenwasserstoff genannt, der wesentlichste Bestandtheil des Leuchtgases, wird von concentrirter Schwefelsäure vollständig absorbirt; man kann es daher im Eudiometer dadurch bestimmen, dass man eine Coakskugel, die mit concentrirter Schwefelsäure getränkt ist, in das Gasgemenge einführt und die entstehende Volumverminderung misst.

2) Das Acetylengas, C_2H_2, ebenfalls im Leuchtgas, und häufig bei unvollständigen Verbrennungsprocessen beobachtet, wird von ammoniakalischer Kupfer-

chlorürlösung absorbirt und bildet darin einen rothen Niederschlag von Acetylen-Kupfer.[12]

3) Für das leichte Kohlenwasserstoffgas (Sumpfgas, Grubengas), CH_4, das sich häufig in Bergwerken, über Sümpfen etc. in grösserer Menge ansammelt, hat man kein brauchbares Absorptionsmittel. Dasselbe kann daher nur nach Entfernung der übrigen absorbirten Gasarten bestimmt werden, und zwar entweder durch Verbrennen mit Kupferoxyd oder indem man eine gemessene Menge Sauerstoff zufügt und dann den elektrischen Funken durchschlagen lässt; der vorhandene CH_4 wird dabei zu CO_2 und Wasser verbrannt, diese werden in der üblichen Weise aus dem Gasgemisch entfernt und aus dem restirenden Luftvolum ist die Menge des CH_4 zu berechnen. —

Von gasförmigen Schwefelverbindungen sind es namentlich Schwefelwasserstoff (H_2S) und schweflige Säure, die ziemlich verbreitet in der Atmosphäre vorkommen. Der erstere entsteht vielfach bei der Fäulniss organischer Substanzen, kommt in grösserer Menge in einzelnen Quellen, an manchen Meeresküsten, an denen starke Ablagerung und Fäulniss organischer Stoffe stattfindet, dann namentlich in der Nähe von Cloaken und Abtrittsgruben und bei manchen Gewerben vor. — Untersuchung der Luft auf Schwefelwasserstoff,

Der qualitative Nachweis gelingt am einfachsten durch den Geruch. Zur Bestätigung kann man Reagenspapiere anwenden, die entweder mit Bleizuckerlösung und etwas Ammoniak, oder mit Wismuthweiss, oder mit Cobaltchlorür getränkt sind; in H_2S-haltiger Luft bedecken sie sich mit einem braunschwarzen Häutchen von Schwefelmetall.[13] Ist der H_2S in Lösung, so fügt man zu dieser am besten eine Auflösung von Bleioxyd in Natronlauge (Bleizuckerlösung mit Natronlauge versetzt, bis sich der Niederschlag wieder gelöst hat), worauf schwarzes Schwefelblei niederfällt; oder man fügt Natronlauge und Nitroprussidnatrium zu; die Flüssigkeit färbt sich dann rothviolett. — durch Reagenspapiere;

Quantitativ kann man den H_2S in Gasgemengen bestimmen, indem man entweder eine mit concentrirter Phosphorsäure getränkte Braunsteinkugel, oder eine Gipskugel, welcher phosphorsaures Blei beigemengt ist, in das Eudiometer einführt; auch Kalilauge absorbirt den H_2S rasch und vollständig.[14] Grössere Ausschläge und bessere Resultate erhält man mittelst Durchleiten gemessener Luftmengen durch Absorptionsflüssigkeiten. Ist gleichzeitig CO_2 in der Untersuchungsluft vorhanden, so muss man Substanzen wählen, welche keine CO_2 aufnehmen können; am besten benutzt man daher in solchen Fällen den Kupfervitriol-Bimsstein, der durch Kochen von Bimssteinstücken mit concentrirter Kupfervitriollösung und nachfolgendes Trocknen erhalten und in die bekannten U-förmigen Vorlagen eingefüllt wird. Die Gewichtszunahmen der letzteren ergiebt direct die H_2S-Menge. — Auch durch frisch gefälltes Eisenoxydhydrat ist eine sehr vollständige Absorption des H_2S zu erzielen.[15] nach gasanalythischer Methode; mittelst Absorption durch Kupfervitriol;

Einfacher ist die quantitative Bestimmung des H_2S mittelst Jodlösung. Kommt nämlich freies Jod mit H_2S in Berührung, so bildet sich sofort Jodwasserstoff (JH) und Schwefel, der sich abscheidet ($2J + H_2S = 2HJ + S$). Leitet man daher H_2S in eine Lösung von Jod (in Jod- durch Waschen der Luft in titrirter Jodlösung.

kalium), so wird der Gehalt derselben an freiem Jod geringer werden; die Menge des verschwundenen und an Wasserstoff gebundenen Jod's muss der Menge des H_2S proportional sein, und letzterer kann demnach quantitativ bestimmt werden, wenn sich der Jodgehalt einer Jodlösung vor und nach der Berührung mit dem H_2S leicht feststellen lässt. — Dies ist aber ausführbar mittelst des unterschwefligsauren Natrons. Trifft Jod mit demselben in einer Lösung zusammen, so bildet sich sofort Natriumjodid und tetrathionsaures Natrium ($2\,Na_2S_2O_3 + 2\,J = 2\,NaJ + Na_2S_4O_6$), und die charakteristischen Eigenschaften des freien Jod's, wie z. B. die Blaufärbung von zugesetztem Stärkekleister, verschwinden. Das unterschwefligsaure Natron lässt sich leicht abwägen und mit einem gemessenen Volum Wasser in eine Lösung von bekanntem Gehalt verwandeln. Von dieser nimmt man alsdann eine bestimmte Menge, versetzt sie mit etwas Stärkekleister und lässt dann die Jodlösung, deren Gehalt ermittelt werden soll, zufliessen; nach einiger Zeit wird plötzlich Blaufärbung der Flüssigkeit auftreten und dadurch anzeigen, dass nunmehr eine Spur freies Jod vorhanden und folglich alles unterschwefligsaure Natron umgesetzt ist. Die bis zu diesem Punkte verbrauchte Jodlösung muss daher genau so viel Jod enthalten, als der Berechnung nach zur Zerlegung der angewendeten Menge von unterschwefligsaurem Natron erforderlich war, und somit lässt sich der Gehalt jeder beliebigen Jodlösung an freiem Jod ermitteln. — Zur Bestimmung des H_2S füllt man nun eine gemessene Menge auf solche Weise titrirter Jodlösung in ein Absorptionsrohr, wie es zur Pettenkofer'schen CO_2-Bestimmung verwandt wird, wobei man jedoch directes Sonnenlicht fern halten muss; dann lässt man eine gemessene Luftmenge hindurchaspiriren, und bestimmt hernach wiederum die noch vorhandene Menge freien Jod's mit unterschwefligsaurem Natron; aus der Differenz zwischen dem jetzt gefundenen Gehalt und dem ursprünglichen Titer ergiebt sich die in der Luft enthaltene Quantität von H_2S.

Bei stärkerer Concentration des H_2S verwendet man besser Vorlagen mit Lösung von arsenigsaurem Natron; der Gehalt derselben vor und nach dem Versuch kann durch Jodlösung festgestellt werden. — Da die Jodtitrirung oft eine etwas unsichere Endreaction giebt, empfiehlt Mohr statt derselben eine Lösung von Eisenoxyd-Ammoniakalaun in verdünnter Schwefelsäure; durch die Einwirkung von H_2S bildet sich schwefelsaures Eisenoxydul, dessen Menge durch Chamäleonlösung bestimmt werden kann.[16] —

Nachweis der schwefligen Säure.

Schwefelige Säure (als Anhydrid = SO_2) findet sich entweder als solche oder bereits oxydirt als Schwefelsäure häufig in der Atmosphäre; in grösserer Menge namentlich in vulkanischen Gegenden, dann aber auch in allen industriereichen Bezirken, in welchen sie durch Verbrennung der fast stets schwefelhaltigen Kohlen entsteht.

Zum qualitativen Nachweis dient — ausser dem charakteristischen Geruch —

ihre Ueberführung in H_2S; man lässt die zu untersuchende Luft durch Wasser streichen, setzt dann Zink und Salzsäure zu und bewirkt dadurch H_2S-Bildung, der durch Bleipapier etc. nachgewiesen werden kann. — Ferner färbt sich ein mit Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxydul getränktes Papier in SO_2haltiger Luft grau durch Abscheidung von Quecksilber; und diese Färbung verschwindet nicht auf Betupfen mit Salzsäure. — Endlich ist die im Wasser absorbirte SO_2 kenntlich dadurch, dass ein blanker Kupferdraht in die mit Salzsäure versetzte Flüssigkeit eingetaucht, nach dem Kochen eine matte bis schwarze Färbung annimmt.[17] —

Die quantitative Bestimmung erfolgt gasometrisch, indem man die SO_2 durch mit Phosphorsäure benetzte Phosphorkugeln, durch Gipskugeln, die mit phosphorsaurem Blei und Braunstein gemischt sind, oder, wenn keine CO_2 zugegen ist, durch Kalilauge absorbiren lässt.[18] — Zur Untersuchung grösserer Luftmengen leitet man diese durch titrirte Jodlösung; es entsteht dann Jodwasserstoff und Schwefelsäure ($2 J + 2 H_2O + SO_2 = SO_4 H_2 + 2 HJ$). Dabei ist es ohne Belang, dass H_2S eine ähnliche Reaction giebt; beide Körper schliessen sich gegenseitig aus, indem sich nämlich, sobald SO_2 und H_2S in Berührung kommen, Pantathionsäure und Schwefel bildet. — Jedoch ist die Methode der Jodtirirung nur bei sehr grosser Verdünnung der SO_2 anwendbar (letztere darf nur etwa 0,05 % der Flüssigkeit betragen). Bei stärkerer Concentration kann man die Luft durch Barytwasser leiten und dieses titriren, wenn keine anderen flüchtigen Säuren, z. B. CO_2, zugegen sind; ist letzteres der Fall, so führt man die SO_2 in Schwefelsäure über, dadurch, dass man die Luft in Chlor- oder Bromwasser leitet; nach dem Austreiben des überschüssigen Chlor's oder Brom's durch Erhitzen wird dann die Schwefelsäure nach der üblichen Methode durch Fällen mit Chlorbarium und Wägen als schwefelsaurer Baryt bestimmt. —

Untersuchung der Luft auf Ammoniak.

Unter den stickstoffhaltigen Beimengungen der Luft sind Ammoniak und salpetrige Säure so verbreitet, dass fast stets Spuren davon in der Atmosphäre gefunden werden. Das Ammoniak ist meist an CO_2, häufig auch an salpetrige Säure gebunden; es entstammt vorzugsweise der Fäulniss stickstoffhaltiger organischer Stoffe, kommt sehr verbreitet in der Industrie vor, und ist endlich in kleiner Menge im Leuchtgas und spurenweise in der Exspirationsluft enthalten.

Qualitativen Nachweis.

Qualitativ ist es in den Fällen, wo der Geruch nicht mehr ausreicht, durch seine alkalische Reaction nachweisbar. Am besten klemmt man ein empfindliches Lakmus- oder Curcumapapier zwischen 2 Glasplatten, so dass nur die eine herausragende Hälfte des Papiers der NH_3-haltigen Luft ausgesetzt ist; der eingeschlossene Theil des Papiers dient dann zur Vergleichung und bietet ein gutes Mittel, um selbst geringfügige Veränderungen der Farbe des anderen Theils zu erkennen. — Ferner lässt sich durch Papiere, die mit salpetersaurem Quecksilberoxydul getränkt sind, NH_3 nachweisen, da durch die Einwirkung desselben eine schwarzbraune Färbung entsteht; es bildet sich eine Verbindung von metallischem Quecksilber und Quecksilberoxydul; um gegen eine Verwechslung mit SO_2 gesichert zu sein, betupft man nachher das Papier mit Salzsäure; die durch NH_3 entstandene Färbung verschwindet dann, indem sich aus dem Quecksilberoxydul weisses Calomel bildet, während der durch SO_2 hervorgerufene grauschwarze Fleck bestehen bleibt.[19] — Auch durch Hämatoxylinpapier gelingt der Nachweis sehr geringer Spuren von NH_3; dasselbe wird bereitet, indem man frisch zerkleinertes Blauholz mit Alkohol übergiesst und in dieser Tinctur Papierstreifen tränkt; die gelbe Farbe der letzteren geht durch NH_3 in roth-violett bis veilchenblau über.[20] —

Quantitative Bestimmung,

Zur quantitativen Bestimmung kann man bei stärkerer Concentration die Luft durch eine mit Salzsäure gefüllte Vorlage aspiriren lassen; es entsteht dann Salmiak, dessen Menge in der gewöhnlichen Weise durch Versetzen mit Platinchlorid und schliessliches Wägen als Platinsalmiak oder als Platin zu ermitteln ist. — Sollen die sehr geringen Mengen NH_3 quantitativ bestimmt werden, welche meist in der freien Atmosphäre vorkommen, so muss man die Luft durch mit Schwefelsäure angesäuertes Wasser streichen lassen, welches alles NH_3 zurückhält; in der wässrigen Lösung erfolgt dann die weitere Analyse durch ein ungemein empfindliches Prüfungsmittel, das sog. NESSLER'sche Reagens; die Details dieser Methode werden jedoch besser bei der Untersuchung des Trinkwassers beschrieben, dessen NH_3-Gehalt genau in derselben Weise bestimmt wird.

durch Nessler's Reagens;

Das letztgenannte Verfahren ist zuweilen für ausgedehnte und fortgesetzte Beobachtungen des atmosphärischen Ammoniakgehalts verwendet.[21] Auf dem Observatorium in Montsouris bedient man sich hierzu einer etwas abweichenden und umständlichen Titrirmethode. Es wird dort einestheils der Regen analysirt, und andererseits lässt man täglich etwa 100 C.-M. Luft durch destillirtes Wasser streichen, dessen NH_3-Gehalt vorher ermittelt und das mit etwas Schwefelsäure angesäuert ist. Der Inhalt der Vorlage wird demnächst genau wie ein Regenwasser behandelt. Man dampft dieses zunächst stark ein, macht dann durch Kalilauge schwach alkalisch, destillirt $^2/_5$ des Volums ab und fängt in titrirter Schwefelsäure auf; durch nachfolgende Titrirung der letzteren ergiebt sich die Menge des Ammoniaks.[22] — Die zahlreichen Beobachtungsresultate haben bisher nur wenig Anhaltspunkte für das hygienische Interesse ergeben.[23]

durch titrirte Schwefelsäure.

Prüfung auf salpetrige Säure.

Das häufige Vorkommen der salpetrigen Säure (Untersalpetersäure) ist bereits bei der Besprechung des Ozons betont worden. Sie kann fast in allen Arten der Niederschläge nachgewiesen werden,[24] ist aber stets in so geringer Menge vorhanden, dass es unmöglich ist, sie in der atmosphärischen Luft selbst zu bestimmen; Versuche, die in dieser Richtung in Montsouris angestellt wurden, ergaben im Mittel nur etwa 0,2 mgr salpetriger Säure in 100 C.-M. Luft, wobei aber noch nicht einmal das Resultat mit Sicherheit allein auf diesen Körper zu beziehen war, sondern vielleicht noch durch organische Materie beeinflusst wurde.

Zur Analyse der Niederschläge werden diese nach Zusatz von etwas Kaliumcarbonat durch Eindampfen concentrirt und dann die salpetrige Säure genau in derselben Weise nachgewiesen, wie dies beim Trinkwasser geschieht; da der Prüfung des letzteren auf salpetrige Säure besonders grosse Bedeutung beigelegt wird, werden die betreffenden Reagentien zweckmässiger bei der Untersuchung des Wassers aus-

führlich besprochen. — Bei grösseren Mengen salpetriger Säure würde eine gasometrische Bestimmung erfolgen können durch Absorption mittelst Schwefelsäure von 1,70 spec. Gewicht. — Die selten in Luftarten vorkommende niedrigere Oxydationsstufe des Stickstoffs, das Stickoxyd, wird durch gesättigte Eisenvitriollösung vollständig aufgenommen.[25] — Innerhalb der Atmosphäre wird die salpetrige Säure leicht zu Salpetersäure oxydirt, und diese kommt daher in der Luft mit noch grösserer Regelmässigkeit und in viel beträchtlicherer Menge vor als jene. Man kann dieselbe quantitativ bestimmen, indem man die Luft durch eine Vorlage mit alkalisch gemachtem Wasser streichen lässt; in Montsouris wurden im Mittel 2—6 milligr. Salpetersäure in 100 Cubikm. Luft gefunden. — Reichlichere Ausbeute gewährt auch hier die Analyse der Niederschläge. Das Regen- oder Schneewasser wird alkalisch gemacht, durch Eindampfen stark concentrirt und dann die Salpetersäure nach den beim Trinkwasser zu beschreibenden Methoden bestimmt, die freilich sämmtlich gegenüber den hier in Betracht kommenden sehr geringen Mengen nicht vollkommen befriedigen. In Montsouris werden zunächst die organischen Stoffe, die im Regenwasser immer zugegen sind, entfernt durch Oxydation mittelst Braunstein und Schwefelsäure; und dann wird die Salpetersäure durch titrirte Eisenoxydullösung ermittelt. Die gefundenen Quantitäten betragen etwa 2 milligr. im Liter Regenwasser. Dabei ist übrigens die salpetrige Säure in die Resultate mit einbegriffen, da auch diese durch die vorgenommene Oxydation in Salpetersäure verwandelt wird. — Nachweis der Salpetersäure.

Ausser dem Ammoniak und den Sauerstoffverbindungen des Stickstoffs kommen noch eine Reihe organischer Substanzen in der Luft vor, die meist stickstoffhaltig, aber noch nicht näher bekannt und jedenfalls von complicirter chemischer Constitution sind. Man findet sie stets in der Luft bewohnter Räume, in kleiner Menge aber auch in jedem Regenwasser; sie zeichnen sich aus durch einen bestimmten, unangenehmen Geruch, der bemerklich wird, sobald diese Stoffe in grösserer Concentration auftreten; ferner dadurch, dass sie energisch Sauerstoff anziehen und daher reducirend auf Lösungen von Kaliumpermanganat oder Silbernitrat wirken; dass sie beim Erhitzen Ammoniak entwickeln und beim Glühen unter Luftabschluss einen schwarzen Rückstand hinterlassen. — Untersuchung der Luft auf N-haltige organische Substanzen;

Ein Theil dieser Substanzen scheint flüchtig zu sein; dafür spricht ihre beträchtliche Absorption durch Kleidungsstoffe, den Mörtel der Wände etc.; zum Theil aber kommen auch suspendirte Bestandtheile der Luft, die organischen und organisirten Elemente des Staubes, bei diesen Experimenten stets mit zur Untersuchung und beeinflussen die Reactionen. Es handelt sich hier also um eine Menge ganz verschiedener Substanzen, die ebensowohl Eiweissartig sein als auch auf irgend einer Uebergangsstufe bis zum Ammoniak resp. zur salpetrigen Säure sich befinden können.

Diese ganze Summe sehr variabler und grösstentheils unbekannter Körper ist natürlich nicht durch ein einfaches analytisches Verfahren direct bestimmbar; vielmehr wird man sich darauf beschränken müssen, mit solchen Reactionen, von denen man annehmen darf, dass die Mehrzahl der gesuchten Stoffe in irgend einer Weise darauf einwirkt, vergleichende Prüfungen anzustellen. Von diesen Gesichtspunkten aus sind vor allem zwei Wege zur Abschätzung der Menge der organischen Nachweis durch Reduction des Kaliumpermanganats.

Luftbestandtheile eingeschlagen: entweder hat man geprüft, wie viel Sauerstoff unter gleichen Bedingungen von derselben Luftmenge aus Lösungen von Kaliumpermanganat aufgenommen wird, und wie stark also das Reductionsvermögen der Luft ist; oder man hat wesentlich nur auf den Stickstoffgehalt jener Körper Gewicht gelegt und hat bestimmt, wie viel Ammoniak beim Kochen mit Kaliumpermanganat und Natronlauge gebildet wird; das so gefundene Ammoniak wird dann als „albuminoides Ammoniak“ von dem in der Luft präformirten und durch directe Bestimmung erhaltenen unterschieden.

Bestimmung als albuminoides Ammoniak.

Aehnliche Substanzen kommen auch vielfach in Trinkwässern vor und hier hat man die Methoden zu ihrer quantitativen Analyse mit besonderer Sorgfalt studirt; die angedeuteten Untersuchungsweisen werden daher im 3. Abschnitt ausführlich behandelt werden. Die Abweichungen, welche gegenüber dem für das Wasser gebräuchlichen Verfahren bei der Untersuchung der Luft eintreten, bestehen nur in unbedeutenden Modificationen; entweder lässt man nämlich eine bestimmte Luftmenge durch die titrirte, mit Schwefelsäure angesäuerte, und am besten auf 100° erwärmte Lösung von Kaliumpermanganat streichen; oder aber man nimmt die natürliche oder künstliche Condensation des Wasserdampfs zu Hülfe und behandelt dann die so erhaltenen Wassermengen ganz wie Trinkwasser. Etwas abweichend und der Pettenkofer'schen CO_2-Bestimmung ähnlich ist das Verfahren, welches Baring angegeben hat: eine Literflasche mit reinem Wasser wird am Ort der Untersuchung entleert und dadurch mit der betreffenden Luft gefüllt, alsdann wird ein Kautschuckkork aufgesetzt, der in einer Bohrung einen langen Trichter, in der anderen ein unten umgebogenes Glasrohr trägt; es werden nun 10 cc einer titrirten Lösung von Kaliumpermanganat und 2 cc Schwefelsäure durch den Trichter eingegossen, und beide Röhren durch einen Wassertropfen geschlossen; darauf schwenkt man die Flasche 10 Min. und titrirt alsdann die Chamäleonlösung in der üblichen Weise.[26] —

Verschiedene Versuchsanordnungen.

Nur in bewohnten Räumen erhält man bei kleineren Luftmengen schon brauchbare Ausschläge. Untersucht man die Luft der freien Atmosphäre, so ist es besser, stets nur den Regen als Versuchsobject zu verwenden und die in demselben concentrirten Bestandtheile der Luft zu analysiren. In Montsouris geschieht dies in der Weise, das 50 cc Regenwasser mit 1 cc Kalilauge (1 : 5) und 5—15 cc titrirter Chamäleonlösung versetzt und dann eine Minute gekocht werden; die unzersetzte Menge von Kaliumpermanganat wird durch überschüssiges Eisenoxydulammon und Titriren mit Chamäleon bestimmt. Im Mittel verbrauchte 1 l so behandelten Regenwassers 2,6 milligr. Sauerstoff des Kaliumpermanganats. — In England wird der Analyse des albuminoiden Ammoniaks der Vorzug gegeben. Um eine Kritik dieser Methoden üben zu können, ist vorerst eine specielle Erörterung ihrer Leistungsfähigkeit erforderlich, wie dieselbe weiter unten erfolgen wird. —

Hygienische Bedeutung des gasförmigen Beimengungen der Luft.

Hygienische Bedeutung der chemischen Analyse der Luft und der Niederschläge. Vielen der im Vorstehenden besprochenen Luftbestandtheile, wie dem Kohlenoxyd, dem Schwefelwasserstoff, der Schwefelsäure u. s. w. kommen direct giftige Eigenschaften zu und ihre Untersuchung hat daher stets ein unmittelbar hygienisches Interesse. In gefahrdrohender Menge finden sie sich jedoch fast nur in industriellen Etablissements, und es ist dann also speciell Aufgabe der Gewerbehygiene, die zulässigen Grenzen ihres Vorkommens zu bestimmen; oder sie treten,

wie das Kohlenoxyd, vorzugsweise innerhalb der Wohnungen auf und erfordern bei der Besprechung der Heizung und Ventilation eine eingehendere Berücksichtigung.

Directe Schädlichkeit

Ausser der directen Schädlichkeit, die immerhin einen gewissen hohen Concentrationsgrad voraussetzt, haben dann viele der erwähnten Gasarten — ähnlich wie die CO_2 — noch eine symptomatische Bedeutung, in der Weise, dass an und für sich unschädliche Mengen derselben auf sanitär unzulässige Zustände schliessen lassen. In diesem Sinne wird besonders häufig der Gehalt der Luft an Schwefelwasserstoff, Ammoniak, salpetriger Säure und vor allem an reducirender organischer Substanz oder Albuminoid-Ammoniak aufgefasst, und zwar weil man das Vorkommen dieser Körper in eine bestimmte Beziehung bringt zu Zersetzungsvorgängen, bei denen gelegentlich inficirende Producte sich bilden können, oder zu dem Stoffwechsel der krankmachenden Mikroorganismen. In wie weit dies gerechtfertigt ist, wird aus einer Betrachtung der bis jetzt über die Vorgänge der Gährung und Fäulniss, sowie über die Biologie gewisser Pilze bekannten Thatsachen erhellen, die aber zweckmässig auf ein späteres Capitel verschoben wird, da die nämlichen verdächtigen Stoffe und dieselben Fragen nach ihrer symptomatischen Bedeutung bei der Untersuchung des Bodens und des Wassers wiederkehren.

Symptomatische Bedeutung.

Innerhalb der freien Atmosphäre ist, Angesichts der vielfachen dort möglichen Quellen, denen jene Substanzen entstammen können, selbstverständlich durchaus nicht immer eine weitergehende hygienische Beziehung vorhanden; das Vorkommen organischer Substanzen an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten kann nicht gleichwerthig sein, sondern muss in jedem speciellen Falle einer besonderen Beurtheilung unterliegen. Es leuchtet demnach ein, dass der symptomatische Werth der Menge dieser Stoffe in der freien Atmosphäre jedenfalls erst erkannt werden kann, wenn zahlreiche vergleichende Beobachtungen bestimmte Gesichtspunkte für die Beurtheilung ergeben haben. — Der Versuch einiger englischer Chemiker, die wenigen Resultate, welche örtliche oder zeitliche Differenzen erkennen liessen, schon jetzt zu einer statistischen Vergleichung mit den Zahlen für die Mortalität und Morbidität zu verwenden, ist jedenfalls verfrüht. Dagegen sind bessere Erfolge von den regelmässig fortgesetzten chemischen Analysen der Luft und der Niederschläge zu erwarten, wie sie z. B. seit einer Reihe von Jahren an dem Observatorium von Montsouris erfolgen. Dort werden die täglichen Variationen und ebenso die Differenzen an verschiedenen, passend ausgewählten Oertlichkeiten registrirt und übersichtlich zusammengestellt, ohne dass vorläufig an diese Resultate, die immerhin noch ein viel zu geringfügiges Beobachtungsmaterial repräsentiren, weitere Hypothesen

geknüpft werden; aber es ist zu erwarten, dass die Fortsetzung derartiger Arbeiten in Verbindung mit der im nächsten Capitel zu beschreibenden mikroskopischen Analyse allmählig eine Einsicht in die hygienische Bedeutung der Beimengungen der Luft verschaffen wird.[27] —

Literatur. 1) Vgl. Bunsen, Gasometrische Methoden. — Winkler, Zeitschr. f. anal. Ch. Bd. 12 u. Anleitung zur Analyse der Industriegase. — Ludwig, Ann. Ch. Pharm. Bd. 162, p. 53. — Reinsch, N. Jahrb. f. Pharm. Bd. 16, p. 277. — Bd. 24, p. 193. — Bd. 30, p. 282. — 3) Eulenberg, Die Lehre von den giftigen Gasen. Braunschweig 1865, p. 52. — Eulenberg, Handbuch der Gewerbe-Hygiene, Berlin 1876, p. 350. — Hünefeld, Die Blutprobe vor Gericht etc., Leipzig 1875. — Jäderholm, Die gerichtlich-medicinische Diagnose der Kohlenoxyd-Vergiftung, Berlin 1876. — Gottschalk, Ueber die Nachweisbarkeit des Kohlenoxyds etc., Leipzig 1877. — 4) Winkler, l. c. — 5) Ludwig, l. c. — 6) Vollert, Ueber Luftwechsel etc. Hamburg 1878. — 7) Hoppe-Seiler, Centralbl. f. d. medic. Wiss. 1865. p. 52. — Zeitschr. f. anal. Ch. Bd. 3. — Eulenberg, Gewerbe-Hygiene, p. 349. — Liman, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1876. p. 353. — 8) Hoppe-Seiler, Virchow's Archiv, Bd. 13, p. 104. — Eulenberg, Gase, p. 47 (mit Farbentafel). — 9) Vogel, Chem. Ber. 1877, p. 794. — 1878. p. 235. — Wolffhügel, Zeitschr. f. Biol. Bd. 14, p. 522. — 10) Fresenius, Zeitschr. f. anal. Ch. Bd. 3, p. 399. — 11) de Negri, Zeitschr. f. anal. Ch. Bd. 16. 461. — 12) Blochmann, Chem. Ber. Bd. 7, p. 274. — 13) Mohr, Z. f. anal. Ch. Bd. 12. p. 371. — 14) Bunsen, l. c. Ludwig, l. c. — 15) Fresenius, Z. f. anal. Ch. Bd. 10. p. 75. — Erismann, Z. f. Biol. XI. 207. — 16) Mohr, Z. f. anal Ch. Bd. 12, p. 292. — 17) Reinsch, N. Jahrb. f. Pharm. 16, p. 277. — 18) Bunsen, Ludwig, l. c. — Mohr, Z. f. an. Ch. Bd. 12. p. 371. — 20) Reuling, Ueber den Ammoniakgehalt etc. Giessen 1854. — Wildenstein, Z. f. anal. Ch. Bd. 2, p. 9. — Brown, Chemical News, Bd. 21, p. 138. — 22) Annuaire de Montsouris 1878. — 23) Vgl. Schöyen, Zeitschr. f. anal. Ch. Bd. 2, p. 334. — Truchot, C. R. Bd. 77, p. 1159. — Brown, Proc. Roy. Soc. Bd. 18, p. 286. — 24) Göppelsröder, Z. f. anal. Ch. Bd. 10, p. 259. — 25) Winkler, l. c. — 26) Smith, Air and rain, the beginnings of a chemical climatology, London 1872. — Soyka, Amtl. Ber. d. 50. Naturf. Vers. p. 350. — Baring, hannov. Zeitschr. f. Heilk. 1867. 1. — Voss, Lancet 1872. Nov. — 27) Annuaire de Montsouris 1878. —

C. Mikroskopische Untersuchung der Luft.

In der Atmosphäre finden sich jederzeit eine Menge suspendirter Bestandtheile, kleinster Partikelchen, die von der Erdoberfläche, von Pflanzen und Thieren durch Luftströmungen abgelöst oder durch heftigere Winde selbst von Wasserflächen losgerissen sind. Im Allgemeinen kann man diese Körper, welche für sich allein nur mit starken Vergrösserungen wahrzunehmen sind, die aber in grösseren Massen als Trübung der Luft und als Staubwolken sich bemerkbar machen, nach ihrer Beschaffenheit in drei Hauptgruppen trennen; entweder sind die suspendirten Bestandtheile anorganischer, mineralischer Natur; oder sie bestehen aus organischer, verbrennlicher Materie; oder endlich sie sind organisirte und zum Theil lebensfähige Gebilde. Fast überall finden sich diese drei Arten vertreten, in der freien Luft sowohl wie in der Luft des Wohnhauses; und es ist begreiflich, dass, seitdem die ganz allgemeine Verbreitung so mannigfaltiger Elemente erkannt war, das Studium derselben auf's lebhafteste interessirte und eine Reihe von Beobachtern ihre Qualität und Menge zu erforschen suchte. — Die bisher angewendeten Untersuchungsmethoden sind im wesentlichen folgende:

Vorkommen suspendirter Bestandtheile in der Luft.

Beschaffenheit derselben.

Methoden der Untersuchung.

1) Nach Pasteur's Vorschlag lässt man eine grössere Luftmenge durch ein Glasrohr streichen, das am einen Ende mit einem Stopfen von Schiessbaumwolle verschlossen ist; die suspendirten Bestandtheile werden in letzterem zurückgehalten; man nimmt dann den Stopfen heraus, löst ihn in einer Mischung von Alkohol und Aether zu der als Collodium bekannten Flüssigkeit, und in dieser ist nunmehr eine mikroskopische Analyse jener Körper leicht ausführbar. Pasteur hat übrigens diese Methode nicht etwa zu wiederholten, vergleichenden Untersuchungen, sondern nur zu gelegentlichen qualitativen Prüfungen empfohlen.[1]

Methode von Pasteur.

2) Tyndall benutzt zum Nachweis von Luftstaub die Lichtstrahlen, welche in dunkler Umgebung nur mittelst der leuchtenden Staubelemente sichtbar werden; fehlen die letzteren, so ist der Lichtstrahl nicht wahrzunehmen; dieses Phänomen

Methode von Tyndall.

wird z. B. dann beobachtet, wenn die Luft durch Baumwolle filtrirt war oder häufig auch, wenn nur die organischen Staubtheile durch Verbrennen zerstört sind.[2]

Untersuchung des Regens.

3) Man kann die suspendirten Luftbestandtheile unter dem Mikroskop beobachten, indem man den Regen zur Untersuchung zieht. Dieser führt naturgemäss den grössten Theil des in der Luft vorhandenen Staubes mit sich; (auch bei der chemischen Analyse des Regens sind daher diese Körper stets auf die Resultate von Einfluss). Es ist aber klar, dass in den meisten Fällen die Verdünnung, in der alsdann die Luftbestandtheile zur Beobachtung gelangen, sehr bedeutend ist und eine erfolgreiche Untersuchung erschwert.

Untersuchung abgelagerten Staubes.

4) Ehrenberg unterzog den Staub von solchen Orten, an denen sich derselbe in grösseren Massen abgelagert hatte, der mikroskopischen Untersuchung. Es musste sich hierbei ein in mancher Beziehung unrichtiges Bild von der Zusammensetzung des Luftstaubes ergeben, da die kleineren und namentlich organisirten Elemente in der grossen Menge anderer Bestandtheile sehr schwer erkannt werden konnten. — Zu vergleichenden mikroskopischen Analysen sind daher die beiden letztgenannten Methoden nicht brauchbar.[3]

Lemaire's Methode.

5) Nach Lemaire's Vorschlag kann man künstlich Condensation des Wasserdampfes der Luft bewirken und dadurch eine grössere Menge suspendirter Bestandtheile in relativ kleinem Wasservolum erhalten. Die künstliche Thaubildung ist dadurch herzustellen, dass man einen Glasballon in Eis oder Kältemischung stark abkühlt; der Wasserdampf der Luft wird sich dann an der kalten Wandung niederschlagen müssen. — Die Methode erscheint für manche Fälle der mikroskopischen Luftanalyse geeignet, doch sind häufig die zum Versuch herangezogenen Luftmengen zu geringfügig. Um für vergleichende statistische Beobachtungen brauchbar zu sein, fehlt ausserdem die erforderliche Gleichmässigkeit der Versuchsanordnung.[4]

Absorption der staubförmigen Bestandtheile durch Wasser.

6) Sehr häufig ist Wasser als Absorptionsmittel benutzt. Entweder schüttelt man die Luft in einer grösseren Flasche mit ganz reinem, vorher gekochtem Wasser, oder man lässt die Luft durch ein U-förmiges Rohr mit solchem Wasser aspiriren; oder lässt die Staubtheile zunächst durch Bimsstein oder Baumwolle zurückhalten, und bringt diese dann in Wasser. Eine complicirtere Vorrichtung hat Laux construirt; in derselben soll ein besonderes Gefäss mit Wasser die suspendirten, ein anderes die chemischen Beimengungen der Luft zurückhalten. Endlich sind auch noch grosse überrieselte Leinwanddächer zur Absorption benutzt worden. — Bei kurzer Dauer solcher Versuche sind die Ergebnisse zu geringfügig; bei längerer Dauer aber tritt leicht eine Vermehrung der organisirten Elemente ein, die zu falschen Schätzungen ihrer Menge führt; in diesem Fehler finden die exorbitanten Zahlen mancher englischer Beobachter ihre Erklärung. — Dagegen ist die Methode geeignet, um solche Mineralbestandtheile analytisch nachzuweisen, die nur in minimalsten Spuren der Luft beigemengt sind; Reinsch konnte auf diese Weise Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium, Blei, Zinn, Kupfer, Eisen, Phosphorsäure, Salzsäure, Kieselsäure u. s. w. in der atmosphärischen Luft auffinden.[5]

Fixirung des Staubes auf klebrigen Platten.

7) Schon früh hat man versucht, die suspendirten Bestandtheile der Luft auf einer mit klebriger Flüssigkeit bestrichenen Glasplatte zu fixiren und dann sofort zur mikroskopischen Analyse zu verwenden. Anfangs setzte man solche Plättchen, auf die etwas Glycerin oder Chlorcalciumlösung aufgetragen war, direct der Luft aus; es ist aber leicht zu berechnen, dass bei geringer Geschwindigkeit der Luftbewegung sehr lange

Zeit vergehen muss, ehe eine grössere Menge Luft mit der kleinen Klebfläche der Platten in Berührung gekommen ist. — POUCHET construirte einen Apparat, der eine beliebige und bekannte Geschwindigkeit des Luftstroms gestattete dadurch, dass am einen Ende eines Glasrohrs ein Aspirator befestigt war, während sich am anderen Ende ein vielfach durchlöchertes Diaphragma befand, vor dem eine mit Glycerin bestrichene Glaslamelle aufgestellt war. — MADDOX veränderte diesen Apparat dahin, dass er an Stelle des planen Diaphragma's eine conische Eintrittsöffnung herstellte und dann die Luft nicht aspirirte, sondern vom Winde eindrücken liess, zu welchem Zweck die Vorrichtung mit einer Windfahne verbunden wurde.[6] — Durch einige Modificationen sind diese Aëroskope neuerdings so weit verbessert, dass sie zu exacten Versuchen brauchbar sind. Dazu ist vor allem erforderlich, dass die Apparate eine controlirbare Gleichmässigkeit besitzen, so dass ein durchaus übereinstimmendes Functioniren bei verschiedenen Versuchen garantirt wird; nur dann erhält man wirklich vergleichbare Resultate und kann statistische Erhebungen vornehmen. Die nach solchen Principien in Montsouris eingerichteten und von MIQUEL beschriebenen Apparate[7] sind folgendermassen construirt: Der eine derselben, für die vergleichenden Beobachtungen am Observatorium selbst bestimmt, besteht in einer Art Glocke, die oben in eine engere Röhre übergeht und fest, 2 m über dem Boden, aufgestellt ist. Die Röhre führt zu einem Aspirator, der sich in circa 2 m Entfernung befindet. An der Anfangsstelle des engen Rohres ist die fixirende Vorrichtung angebracht; die Luft strömt zunächst in eine konische Verengerung ein, an deren äusserster Spitze sich eine feine Oeffnung befindet; ganz nahe über dieser ist die fixirende Lamelle angebracht, die mittelst einer Mikrometerschraube der Oeffnung mehr weniger genähert werden kann. Diese Lamelle, aus dünnem Glas bestehend, wird auf einer Fläche von 2—3 □ cm mit einer Mischung von Glycerin und Glucose bestrichen; in dieser können Mikroorganismen sich weder weiter entwickeln oder vermehren, noch büssen sie ihre Vitalität ein. Sehr viel kommt auf den Abstand der Lamelle und den Durchmesser der Oeffnung für den Luftstrom an; ersterer wird durch die Mikrometerschraube regulirt und zwar wird zweckmässig die Platte bis auf gerade 3 mm der Oeffnung des Conus genähert; letzterer giebt man einen Durchmesser von $^1/_2$—$^3/_4$ mm; ist derselbe grösser, so ist man nicht sicher, die Bestandtheile des ganzen Luftstroms zu fixiren; bei noch kleinerer Oeffnung wird aber das geförderte Luftquantum zu gering. — Die Geschwindigkeit des Luftstroms beträgt gewöhnlich 20 l pro Stunde; die Versuchsdauer ist stets 48 Stunden, so dass in jedem Versuch annähernd 1 C.-M. Luft den Apparat passirt hat. Bei der angegebenen Geschwindigkeit darf man sicher sein,

Aëroskop von Pouchet.

Aëroskop von Maddox.

Aëroskope von Montsouris a) mit Aspirator.

Mikroskopische Untersuchung.

dass die Luft aller suspendirten Bestandtheile beraubt wird. — Ist die Absorption beendet, so wird die Glaslamelle herausgenommen, das Glycerin wird mit einer vorher erhitzten Stahlnadel durchgerührt, worauf man letztere in einem Tropfen Glycerin reinigt, der dann ebenfalls auf die Platte gebracht wird; dann ist die Lamelle mit einer Glasplatte derart zu bedecken, dass die Flüssigkeit und die darin fixirten Körper sich überall möglichst gleichmässig vertheilen. Die Menge der suspendirten Bestandtheile wird nun der Zahl nach angegeben. Man bringt die Platte unter das Mikroskop und zählt zunächst die in einem Gesichtsfelde enthaltenen Partikelchen; dann verschiebt man das Object und zählt wieder ein Gesichtsfeld aus; dies wiederholt man mindestens 100, unter Umständen 200 mal; und dadurch erhält man dann einen ziemlich sicheren Werth für die durchschnittliche Zahl, die in einem Gesichtsfeld vorhanden ist. Das Verhältniss des Gesichtsfeldes zu der Grösse der bedeckenden Glasplatte muss bekannt sein; am besten benutzt man immer dasselbe Objectiv und Ocular, für welche man dies Verhältniss einmal ermittelt hat; um alsdann die in der ganzen mit Glycerin bedeckten Oberfläche enthaltene Körperzahl zu erhalten, hat man nur jene Durchschnittsziffer so oft zu setzen, als ein Gesichtsfeld in der Oberfläche der Lamelle enthalten ist; und die Berechnung des erhaltenen Resultats auf die Volumeinheit Luft erfolgt nach der Gleichung $n = \frac{p \cdot m}{v}$, wo n die Zahl der Körperchen in 1 l Luft; p deren durchschnittliche Ziffer in einem Gesichtsfelde, m die Anzahl der Gesichtsfelder, welche die bedeckende Platte enthält, und v die Liter Luft bedeutet, welche durch den Apparat aspirirt wurden. — Es ist einleuchtend, dass auf diese Weise durchaus vergleichbare Bestimmungen der Gesammtmenge von suspendirten Bestandtheilen erhalten werden können. —

Zählung der aufgefangenen Körperchen.

b) Aëroskop mit Windfahne.

Ein zweiter Apparat, der mehr für qualitative Prüfungen namentlich ausserhalb des Observatoriums angewendet wird, besteht in einem weiten vertikalen Rohr, dessen Enden sich nach entgegengesetzten Richtungen umbiegen, und sich dabei etwas erweitern, so dass zwei grosse Oeffnungen entstehen, in deren eine die Luft eintritt, um aus der anderen auszutreten; diese Röhre ist dann an einer Windfahne befestigt und mit dieser drehbar, so dass die untere Einströmungsöffnung immer dem Winde entgegengerichtet ist. Innerhalb des Rohres befindet sich eine Fixirvorrichtung ganz ähnlich der eben beschriebenen. Mittelst dieses Apparates können bei starkem Winde sehr bedeutende Luftmengen zur Beobachtung gelangen; um zugleich ein Maass derselben zu bekommen, ist neben dem Rohr ein Robinsohn'sches Anemometer angebracht, welches die Windgeschwindigkeit registrirt. —

8) Um eine bestimmte Gruppe der suspendirten Bestandtheile, welche besondere Aufmerksamkeit erfordert, näher beobachten zu können, ist noch eine andere Methode einzuschlagen, die von Pasteur zuerst versucht und empfohlen ist. Es handelt sich dabei um die Erforschung gewisser Spaltpilze, welche sich stets in der Luft und daher in der fixirenden Flüssigkeit der Aëroskope finden, wenn auch meist in verhältnissmässig geringer Zahl. Da ihnen ein viel bedeutenderes hygienisches Interesse zukommt, als den übrigen Bestandtheilen, und da es von grösster Wichtigkeit sein würde, wenn man dieselben isolirt einer Prüfung unterziehen könnte, hat Pasteur versucht, sie in geeigneten Nährlösungen zur Entwicklung zu bringen und dadurch zu bewirken, dass sie schliesslich die übrigen sich nicht vermehrenden Beimengungen bedeutend überwiegen. Die Nährlösungen müssen vorher sterilisirt sein, d. h. sie dürfen selbst keine entwicklungsfähigen Keime enthalten. Jede beliebige Nährlösung ist aber nicht für jede Art der niederen Pilze geeignet und dieselbe Lösung ist es nicht in gleicher Weise unter verschiedenen Verhältnissen; daher werden die verschiedenen auf einer Glycerinplatte gesammelten oder in einer Luft befindlichen Organismen nicht sämmtlich in einer Nährlösung sich entwickeln, sondern man wird verschiedene Culturen durch kleine Variationen in den Versuchsbedingungen erhalten können; hat eine Art fast ausschliesslich von einem Nährboden Beschlag genommen, so wird man durch weiteres Ueberimpfen in die als geeignet erkannten Medien eine solche Art mehr und mehr rein erhalten und isolirt züchten können; und solche Reinculturen bilden dann das wichtigste Material für Experimente, durch welche die hygienische Bedeutung der einzelnen Organismen klar gelegt werden kann. — Behufs Untersuchung der Luft wird die Einsaat der Keime am besten direct mit gemessenen Luftmengen vorgenommen; gewöhnlich genügen 10—20 l Luft für eine rasche und massenhafte Entwicklung von Culturen. — Cohn benutzt dabei als Aspirator 2 Flaschen von je 10 l Inhalt, die mit einander verbunden sind und von denen die eine höher gestellt wird als die andere; erstere dient dann als Auslaufflasche, letztere als Auffanggefäss; ist die obere leer, so werden die Flaschen gewechselt. Die Nährlösung befindet sich in einem einfachen Glascylinder, durch dessen Verschluss ein Glasrohr in die Flüssigkeit hereinragt, welches der Luft zum Eintritt dient. Korkstopfen sind ganz zu vermeiden; Kautschuck- oder Glasstopfen, sowie überhaupt die ganzen Apparate sind vor dem Versuch im Dampfkochtopf zu erhitzen. Der Luftstrom darf höchstens eine solche Geschwindigkeit haben, dass 10 l in 1—2 Stunden passiren; sonst können die kleinsten Organismen nicht vollständig zurückbehalten werden. — Kommt es auf eine Fixirung aller Keime nicht an und will man reichlichere Luftmengen

Bacterioskopische Methode.

Anlage von Culturen,

mittelst directer Einsaat aus der Luft.

zur Untersuchung ziehen, so benutzt man auf COHN's Vorschlag als Aspirator eine Wasserstrahlluftpumpe (z. B. nach den Angaben von ARZBERGER & ZULKOWSKY), mit welcher man circa 3000 l Luft in 24 Stunden durch die Waschflüssigkeiten hindurchzusaugen vermag. Dabei ist es zweckmässig, das zum Aspirator führende Glasrohr mehrfach gablig zu theilen und so nebeneinander mehrere Cylinder mit verschiedenartigen Nährlösungen der Infection durch die Luftkeime auszusetzen; so kann man z. B. gleichzeitig mit einer mineralischen Nährlösung (nach COHN), mit einer zehnprocentigen Lösung von Malzextract und mit einprocentiger Lösung von LIEBIG'schem Fleischextract operiren; mit der gleichen Luft wird man in allen dreien oft sehr verschiedene Resultate erhalten. [8] —

Culturen mittelst der vorher fixirten Organismen.

Statt der directen Einsaat aus der Luft lassen sich auch die vorher auf Glycerinleim fixirten Organismen zu Culturen verwenden, wie dies namentlich KLEBS neuerdings empfohlen hat. Um dabei möglichst grossen Luftmengen ihre Organismen zu entziehen und auch der seltener vorhandenen habhaft zu werden, bedient sich KLEBS eines Flügelventilators, welcher in 15—17 Minuten 300 l Luft passiren und auf eine mit Glycerinleim bestrichene Platte treffen lässt. Derselbe besteht aus einer kupfernen Kapsel, deren Centrum von einer leicht rotirenden Achse durchsetzt ist; letztere trägt im Innern der Kapsel 4 gekrümmte Flügel. In der Mitte der einen flachen Seite befindet sich die Einströmungsöffnung von 2,5 cm Durchmesser und an dieser sitzt aussen ein Metalltubus auf, der mit längeren Kautschuck- und Glasröhren verbunden werden kann, wenn die Luft von entfernteren Orten aspirirt werden soll. An einem Fortsatz der Peripherie der Kapsel befindet sich die Ausströmungsöffnung von 1 cm Durchmesser, und hier können dann verschiedene Apparate angebracht werden zum Auffangen der suspendirten Bestandtheile, entweder Waschflaschen, oder Platten mit Glycerinleim etc. — Die Kapsel ist innen polirt, leicht auseinander zu nehmen und zu reinigen. Der Ventilator wird mit der Hand in Bewegung gesetzt, doch bewirkt ein System von Zahnrädern sowohl eine bedeutende Verringerung der aufzuwendenden Kraftleistung als auch gleichzeitig die Registrirung der Zahl der Umdrehungen auf einem Zählwerk. [9] —

Culturen mittelst der im Regenwasser suspendirten Organismen.

Sind endlich die Organismen in einer Flüssigkeit, z. B. im Regenwasser, suspendirt und man will sie von dort in Culturen übertragen, so hat man die mit Nährlösung gefüllten Versuchsröhren am offenen Ende in eine lange und umgebogene Spitze auszuziehen; dann werden sie im Dampfkochtopf (und besser vorher noch in einem heisseren Luftbad) erhitzt und zugeschmolzen. Zur Aufnahme des Regenwassers, das in einem vorher durch Erhitzen gereinigten Gefässe gesammelt sein muss, taucht man das Röhrchen mittelst geglühter Pincetten bis zum Boden des Ge-

fässes, und bricht dann mit einer ebenfalls geglühten Pincette die äusserste Spitze ab; es tritt sogleich mit Heftigkeit etwas Wasser in die Röhre ein, in deren Innerem durch das Erkalten unter luftdichtem Verschluss eine Druckverminderung entstanden sein musste. Nach dem Einstürzen des Wassers braucht dann die Röhre nicht sogleich wieder geschlossen zu werden, da die Krümmungen der Spitze den weiteren Eintritt von Luftkeimen verhindern.[10]

Eine ausführliche Darstellung der zur Untersuchung auf Mikroorganismen erforderlichen Methoden findet sich im fünften Abschnitt; hier waren nur die Abweichungen von dem dort beschriebenen Verfahren zu erwähnen, welche speciell bei der Untersuchung der Luft eintreten müssen. —

Hygienische Bedeutung der mikroskopischen Luftuntersuchung.

Bedeutung der mikroskopischen Analyse der Luft. In früheren Jahrzehnten interessirten vom sanitären Standpunkt aus vor allem die mineralischen Bestandtheile des Staubes, deren schädliche Wirkung auf die Athmungsorgane sich in vielen Industriezweigen bemerklich macht und durch die mechanisch oder chemisch zerstörend wirkende Beschaffenheit der Staubelemente bedingt ist. — Seit der Erkenntniss der organisirten Keime wurde dann diesen die weitaus hervorragendste hygienische Bedeutung zugeschrieben. Aber der übergrosse Eifer, mit welchem das neu erschlossene Wissensgebiet bebaut wurde, hinderte zunächst eine zielbewusste, planmässige Forschung. Viele Jahre hindurch unternahmen die verschiedensten Beobachter nichts als immer dieselben qualitativen Prüfungen mit denselben unvollkommenen Apparaten und knüpften weitgehende Speculationen an die einfachsten Befunde. Ein Rückschlag war unausbleiblich; und im Gegensatz zu jenen übertrieben hohen Erwartungen von der Wichtigkeit der mikroskopischen Luftanalyse leugneten neuerdings manche Forscher, z. B. Cunningham, jeden Zusammenhang zwischen den in der Luft gefundenen Staubtheilchen und Keimen mit infectiösen und contagiösen Krankheiten.[11]

Nothwendigkeit einer methodischen Analyse.

Erst in letzter Zeit hat man angefangen, die Luftbestandtheile methodisch zu analysiren; und namentlich sind es auch hier wieder die Beobachter des Observatoriums zu Montsouris, welche mit einem planmässigen Studium vorangegangen sind. — Zum Zweck einer Orientirung, aus welcher sich sodann weitere Gesichtspunkte ergeben müssen, ist es zunächst wünschenswerth, die Menge der suspendirten Bestandtheile der Atmosphäre unter verschiedenen Verhältnissen kennen zu lernen. Es kann dies geschehen durch eine Zählung, die sich einerseits auf alle Partikelchen zu erstrecken, dann aber wo möglich die organisirten Keime allein in Betracht zu ziehen hat. Man wird z. B. feststellen müssen, wie die Zahl dieser Keime schwankt nach der Windrichtung, nach der

Bedeutung der Zählungen.

Lufttemperatur, nach der Feuchtigkeit und nach den Regenmengen; wie sich die Luftschichten in verschiedener Höhe verhalten; welche Abweichungen auf dem freien Lande, in Städten, in einzelnen ausgewählten Stadttheilen auftreten; man wird die Untersuchungen auf die freie Atmosphäre, dann aber auch auf die Luft der Wohnungen, der Krankenhäuser etc. ausdehnen müssen. Unerlässliche Bedingung für die Brauchbarkeit der Resultate ist aber dabei jene völlige Gleichmässigkeit der Versuchsbedingungen, welche in Montsouris angestrebt und hergestellt ist. Die Zeit, seit welcher dort die systematischen Beobachtungen angestellt werden, ist noch zu kurz, als dass schon eine definitive Lösung einschlägiger Fragen erwartet werden könnte; dennoch sind die bis jetzt bereits erhaltenen Resultate ganz geeignet, Interesse für die Fortsetzung der Beobachtungen zu erwecken. So hat man z. B. wenig Sporen im Winter, weit mehr dagegen im Frühjahr und Sommer gefunden; aber auffallender Weise ist in weit höherem Grade als die Temperatur, die Niederschlagsmenge von Einfluss, indem jeder Regen von längerer Dauer ein enormes Anwachsen der Sporenmenge hervorruft. Im Durchschnitt der warmen Monate fanden sich 28,5 Sporen in 1 l Luft; nach stärkerem Regenfall aber 95—120. Im Anfang muss natürlich ein Regen die Luft reinigen; dies scheint jedoch nur für kurze Zeit der Fall zu sein; für wie lange, war aus den bisherigen Untersuchungen noch nicht zu entnehmen. — Weiter konnte bereits constatirt werden, dass die Luft der Wohnräume ungleich ärmer an Sporen ist, als die atmosphärische Luft, und zwar um so ärmer, je weniger die Räume ventilirt sind. —

Mit diesen Zählungen der gesammten Staubtheilchen oder aller organisirter Elemente ist aber begreiflicherweise nicht die Möglichkeit gegeben zu einem Urtheil über den sanitären Werth einer Luft; sie gestatten nur eine leichtere Orientirung, die im ersten Anfang derartiger Untersuchungen nicht entbehrt werden kann, und sind vergleichbar den Bestimmungen des gesammten Trockenrückstandes, welche man bei anderen Analysen z. B. von Trinkwässern vorzunehmen pflegt, um einen Ueberblick und Gesichtspunkte für die weiterhin nöthigen Operationen zu gewinnen. —

Bedeutung der mikroskopischen Differenzirung.

Neben diesen vergleichenden Zahlen ist dann der Qualität der Organismen die eingehendste Aufmerksamkeit zuzuwenden. Es muss Aufgabe der mikroskopischen Luftanalyse sein, die zur Beobachtung gelangenden Elemente zu differenziren und wo möglich specifische Krankheitskeime zu erkennen. Dies ist natürlich der weitaus schwierigste Theil der Untersuchung. In einzelnen Theilen scheinen die pathogenen Organismen charakteristische morphologische Merkmale zu besitzen. Um diese zu erkennen, ist dann vor allem ein genaues Studium der gewöhn-

ich vorkommenden mikroskopischen Luftbestandtheile nöthig; man wird langer Vorarbeiten bedürfen, um aus dem Chaos verschiedenster Gestalten, welche in jeder Luft gefunden werden, unregelmässige und verdächtige Formen herauszukennen. Es ist unmöglich, nur eine einigermassen vollständige Zusammenstellung der häufigeren Befunde zu geben; auf Tafel 1 sind einige der gewöhnlichsten bei der Luftuntersuchung vorkommenden Objecte abgebildet; aber in jedem Einzelfall wird man auch andere Formen finden, die sich mit jenen nicht decken, und nur durch ein fortgesetztes Studium lässt sich ein sicheres Urtheil gewinnen.

Bedeutung der Culturen.

In der grossen Mehrzahl der Fälle scheint aber den pathogenen Organismen jedes unterscheidende Merkmal der Form zu fehlen. Daher ruht die eigentliche Entscheidung über die hygienische Bedeutung der Befunde stets in der bacterioskopischen Methode, d. h. in dem Versuch, einzelne der gefundenen Organismen auf geeignetem Culturboden rein zu züchten, dann ihre Functionen und Lebensbedingungen näher kennen zu lernen und schliesslich speciell ihre Einwirkung auf den thierischen Stoffwechsel durch Impfversuche zu constatiren. — Seit den Untersuchungen Pasteur's und Koch's über den Milzbrandbacillus und den septischen Pilz ist an der enormen Tragweite dieser Art der hygienischen Forschung nicht mehr zu zweifeln. —

Speciell mit den in der Luft enthaltenen Keimen sind letzthin bereits mehrere solche Culturversuche gelungen; so haben Miquel, Cohn, Miflet verschiedene häufig vorkommende Bacterien durch Einsaat von Luft gezüchtet, die sich bei Impfungen wirkungslos erwiesen, und neuerdings hat Klebs aus der Luft von Sümpfen Culturen einer Bacillus-Art gewinnen können, welche er als Bacillus malariae bezeichnet.

Literatur. 1) Pasteur, Compt. rend. Bd. 50, p. 302. — Bd. 85, 178. — Ann. de chim. et de phys. 3. sér. Bd. 64. — 2) Tyndall, Roy. Institut. 1870. — Medic. Times and Gaz. 1870. — Naturforscher 1870, 13. — 3) Ehrenberg, Monatsber. d. Kgl. Preuss. Ak. d. Wiss. 1871. — 4) Lemaire, Compt. rend. Bd. 57, p. 625. — Bd. 65, p. 637. — 5) Smith, air and rain etc. London 1872. — Mem. Manch. soc. Bd. 4, p. 266. — Dancer, Mem. Manch. soc. Bd. 4, p. 270. — Reinsch, N. Jahrb. f. Pharm. 24. 193. — 30. 282. — Laux, Berl. klinische Wochenschr. 1876. 37. — 6) Pouchet, Compt. rend. 47, p. 979. — Hétérogénie ou traité de la génération spontaneé basé sur de nouvelles expériences, Paris 1859. — Recherches et expériences sur les animaux ressuscitants, Paris 1859. — Salisbury, Americ. Journ. of medic. sc. 1866, apr. — Ann. d'hyg. 1868, p. 417. — Eiselt, Wochenblatt d. Zeitschr. d. Wien. Aerzte 1861, Nr. 13. — Maddox, Monthly microspoc. Journ. 3. 283. — 5. 45. — 7) Miquel, Compt. rend. Bd. 86, p. 1552. — Ann. d'hyg. 1879. sept. et oct. — 8) Cohn, Beiträge zur Biologie der Pflanzen, I. 3, p. 148. — Miflet, Cohn's Beiträge zur Biologie etc. 1879. — Arzberger u. Zulkowsky, Pogg. Ann. Bd. 176, p. 327. — 9) Klebs u. Tommasi-Crudeli, Arch. f. exp. Pathol. Bd. 11. 1879, p. 122 u. 311. — 10) Miquel, l. c. — 11) Vgl. Unger, Sitz. d. Wien. Akad. 1849. —

Chrastina, Oest. Zeitschr. f. prakt. Aerzte 1861. — Sonnenkalb, Der Strassenstaub in Leipzig, 1861. — Wild, Pogg. Ann. 1868. — Tissandier, Compt. rend. Bd. 78, p. 821. — de la Rive, Arch. sc. phys. (2). 37. 229. — Chapmann, Chem. News 1870. Febr. — Naturf. 3. 162. — Vogt, Corr. d. schweiz. Militärärzte, 1872. — Colan, Lancet 1874. — Liechtenstein, Berl. klin. Woch. Bd. 11. — Popper, Oest. Zeitschr. f. prakt. Heilk. 1872. — Cunningham, Microscopical examination of air. Calcutta, printed by the superint. of Gov. Print. — Nature Bd. 9, p. 330. — Miquel, l. c. — Cohn, Die unsichtbaren Feinde in der Luft, Ber. d. 47. Naturf. Vers. 1874. — Miflet, l. c. — Wernich, Cohn's Beiträge zur Biologie der Pflanzen, 1879, p. 105. —

Zweiter Abschnitt.

Untersuchung des Bodens.

Hygienische Beziehungen des Bodens.

Die erhöhte Aufmerksamkeit, welche die neuere hygienische Forschung dem Boden zugewendet, ist hauptsächlich angeregt durch PETTENKOFER's Untersuchungen über die Verbreitungsweise gewisser Infectionskrankheiten.

Durch diese Forschungen ist zunächst nachgewiesen, dass das Auftreten des Typhus, der Cholera etc. an eine örtliche und zeitliche Disposition gebunden ist. Es muss irgend ein Einfluss von der Oertlichkeit ausgehen, welcher erst das Zustandekommen einer Epidemie ermöglicht, welcher aber derselben Localität nicht constant anhaftet, sondern veränderlich ist, und nur unter gewissen zeitlich begrenzten Bedingungen zur Wirkung gelangt.

Anregung zum Studium des Bodens durch das Verhalten der Infectionskrankheiten.

Zu der Annahme einer derartig beschaffenen Disposition zwingt die eigenthümliche Verbreitungsart der genannten Krankheiten: das Ergreifen einzelner Städte, Stadttheile, Strassen, Häuser und selbst einzelner Theile ein- und desselben Hauses, während die nächstbenachbarten Gebiete constant oder häufig immun bleiben.

Diese verschiedene Disposition muss ihren Grund haben in irgend welcher Differenz, die zwischen der siechfreien und siechhaften Lokalität besteht. Man kann dieselbe z. B. suchen in einer verschiedenartigen Beschaffenheit der Luft, des Wassers, der Bauart der Häuser, der Ernährungs- und Beschäftigungsweise der Bewohner etc. Aber in diesen Momenten lassen sich bis jetzt nicht derartige Differenzen wahrnehmen, wie solche für eine Erklärung der örtlichen Disposition verlangt werden müssen; sie zeigen nicht den örtlich scharf begrenzten und oft nur über kleinste Gebiete sich erstreckenden Wechsel und sie unterliegen nicht ebenso scharf begrenzten zeitlichen Schwankungen.

Nur der Boden zeigt ein Verhalten, welches offenbar geeignet erscheint, jene Erscheinungen zu erklären. Schon dem oberflächlich vergleichenden Blick fällt der grobe Contrast auf zwischen dem lockeren Kiesgeröll München's, dem Sandboden Berlin's, dem dichten lehmigen Untergrund Leipzig's; ganze Städte und Landstrecken zeigen in dieser Beziehung ebensowohl durchgreifende Differenzen, wie die verschiedenen Strassen und Stadttheile desselben Ortes, und nicht selten leben die Bewohner benachbarter Häuser oder angrenzender Theile desselben Hauses auf einem solchen, schon äusserlich durch seine Verschiedenheit imponirenden Boden.

Beschränkt man sich nicht auf eine oberflächliche Untersuchung, sondern schreitet zu einer genaueren Analyse der Bodenschichten, so enthüllen sich weitere Differenzen. Structur und Korngrösse, Porosität und Durchlässigkeit zeigen sich ausserordentlich verschieden; und in Bezug auf Temperatur, Feuchtigkeit, Grundwasserstand zeigen sich auch zeitliche Differenzen, welche möglicherweise zu einer Erklärung der zeitlichen Disposition verwerthet werden können.

Müssen schon diese Ueberlegungen auf's lebhafteste zu einer hygienischen Untersuchung der Bodenverhältnisse anregen, so ist dies noch weit mehr der Fall, seit Pettenkofer durch sorgfältige vergleichende Beobachtungen in der That ein genaues Zusammengehen der localen und zeitlichen Disposition für Infectionskrankheiten mit gewissen Eigenthümlichkeiten des Bodens constatirt hat. Es scheint vollkommen festzustehen, dass für einzelne Districte ein lockerer durchlässiger Boden, der einem raschen Wechsel der Durchfeuchtung unterliegt, die Bedingungen liefert, welche eine Verbreitung von Cholera und Typhus ermöglichen. —

Es ist selbstverständlich, dass mit Pettenkofer's Untersuchungen die Kenntniss der Beziehungen zwischen Boden und Infectionskrankheiten nicht abgeschlossen war; gerade die ausserordentliche Verschiedenheit der Bodenstructur macht es unmöglich, die auf dem lockeren Kiesboden der Bayrischen Hochebene gemachten Beobachtungen unmittelbar auf andere Gegenden zu übertragen; für diese sind vielmehr weitere eingehende Forschungen unerlässlich. Die hygienische Bedeutung der Bodenuntersuchung war aber durch jene Entdeckung Pettenkofer's ausser allen Zweifel gestellt. — Sie ist in der Neuzeit noch weiter hervorgehoben durch den Nachweis, dass die Mikroorganismen, in denen Viele die Träger des Infectionsstoffes vermuthen, wesentlich im Boden die Bedingungen zu ihrer Entwickelung und Vermehrung finden; und endlich durch diejenigen Experimente, welche einen innigen Zusammenhang und reichliche Communication zwischen der Luft des Wohnhauses und der Atmosphäre mit der Bodenluft erweisen. —

Weitere hygienische Beziehungen des Bodens.

Aber auch abgesehen von den epidemischen und endemischen Krankheiten tritt der Boden in enge Beziehung zu dem Wohlbefinden der Bewohner. Er kann massgebend sein für das Klima eines Landes, indem er z. B. durch die Zähigkeit, mit welcher er die Feuchtigkeit zurückhält, Temperatur und Feuchtigkeit der Luft in hohem Grade beeinflussen kann; der oft behauptete Parellelismus zwischen Bodenfeuchtigkeit und Verbreitung der Lungenschwindsucht ist nur durch fortgesetzte Beobachtung des Bodens festzustellen; das Siechthum, welches Insassen von Kellerwohnungen häufig zeigen, fordert zu einem Studium der Bodenfrage auf, welche die Nachtheile dieser Wohnungen wesentlich bedingen; die Anlage der Begräbnissplätze erheischt eine Kenntniss derjenigen Bodenverhältnisse, welche auf eine mehr weniger rasche und vollständige Verwesung von Einfluss sind. —

Der Boden nimmt daher mit Recht eine hervorragende Stellung unter den Objecten der hygienischen Untersuchung ein.

Unvollkommenheit der Methoden zur Bodenanalyse.

Die verhältnissmässige Neuheit des Gegenstandes bedingt jedoch, dass die Methoden der Untersuchung zum Theil noch sehr unvollkommen sind und vielfach weiterer Prüfung und Verbesserung bedürfen. Es ist daher nicht möglich, im Folgenden eine Anleitung zu einer allgemein gültigen, methodischen Untersuchung des Bodens zu geben; sondern es können zunächst nur die Operationen beschrieben werden, welche zur Erkennung der einzelnen Eigenschaften eines Bodens führen; und es lässt sich dann in einer kurzen Uebersicht zeigen, in wie weit diese einzelnen Methoden verwerthet werden können, um ein Urtheil über irgend ein gegebenes Bodenterrain zu gewinnen. Die erfreulichen Fortschritte, welche auf dem Gebiet der

Bodenphysik und -Chemie fortdauernd zu verzeichnen sind, werden bald mehr und bessere Anhaltspunkte für eine solche Beurtheilung liefern und der Bodenuntersuchung den Charakter des vorläufigen, tastenden Experimentes nehmen.[1]

I. Mechanische Bodenanalyse.

1. Entnahme einer Bodenprobe.

Die Mehrzahl der Untersuchungsmethoden, welche auf eine Erkennung von Bodeneigenthümlichkeiten gerichtet sind, können nicht im natürlichen Zustande des Bodens applicirt werden, sondern erfordern die Uebertragung einer Probe des Bodens in's Laboratorium. Bei der Entnahme einer solchen Probe ist darauf zu sehen, dass dieselbe die mittlere Beschaffenheit des zu begutachtenden Terrains repräsentirt. Man hat daher wo möglich an mehreren Stellen die betreffende Bodenschicht mittelst Spatens frei zu legen, dann Abstiche von gleicher Grösse und Dicke zu machen, diese zu sammeln und möglichst innig mit einander zu mischen; erst von dem so erhaltenen Gemisch ist eine Probe zur weiteren Analyse tauglich. — In manchen Fällen kommt es darauf an, dass die Lagerung der Bodentheilchen bei der Entnahme der Probe nicht geändert wird, z. B. wenn die Porosität und Durchlässigkeit des gewachsenen Bodens bestimmt werden soll. Alsdann benutzt man am zweckmässigsten Metallcylinder, mit denen ein gewisses Bodenvolumen ausgestochen wird.

Entnahme von Boden im natürlichen Zustande.

a) durch Metallcylinder.

Ein derartiger Apparat ist z. B. von Lissauer beschrieben. Eine andere Vorrichtung, die gut übereinstimmende Resultate giebt und namentlich Garantie bietet, dass nicht ein stärkerer Druck auf den Boden ausgeübt und die Lagerung der Theilchen verändert wird, besteht in einem länglichen, hohlen Messingcylinder von ca. 500 cc Inhalt; oben und unten kann derselbe mit Deckeln verschlossen werden, die auf den Cylinderrand so weit übergreifen, dass die Deckelplatten genau auf der Cylinderöffnung aufliegen. Beide Deckel sind in der Mitte durchbohrt und tragen aussen ein rohrförmiges Ansatzstück. Ausserdem gehören noch 2 andere Ansätze zum Cylinder, die beide höher sind als die Deckel, und also über die Oeffnungen des Cylinder vorragen, wenn sie auf den letzteren aufgeschoben sind; der eine dieser Ansätze ist offen und unten zugeschärft, der andere ist verschlossen und bildet demnach einen Deckel; in der Platte desselben sind zwei Oeffnungen zum Entweichen der Luft angebracht. Soll eine Bodenprobe entnommen werden, so wird der Cylinder zunächst mit den letztbeschriebenen Ansätzen versehen, das zugeschärfte offene Ende auf den Boden aufgesetzt und der Apparat dann durch gleichmässige Schläge mit einem Holzhammer in den Boden eingetrieben, bis die Bodenoberfläche in den Oeffnungen des oberen Deckels sichtbar wird. Der Apparat wird nun herausgegraben; man nimmt den oberen Deckel ab und ebnet die Oberfläche des weit über den Cylinderrand herausragenden Bodens mit einem Spatel so, dass sie genau mit

dem Cylinderrand abschneidet; dann setzt man den einen der zuerst beschriebenen, eng anschliessenden Deckel auf. Nun wird der Apparat umgekehrt, der untere offene Ansatz abgenommen, wiederum die Oberfläche geebnet und der andere Deckel aufgesetzt. — Das so in natürlicher Lagerung ausgestochene Volum Boden von bekannter Grösse kann dann zu weiteren Analysen verwandt werden. — Statt dessen kann man sich auch nach HAVENSTEIN's Vorgang der amerikanischen Tellerbohrer bedienen, um das natürliche Volumen einer Bodenprobe zu erhalten; dieselben müssen alsdann mit einer genauen Theilung versehen sein, welche die Tiefe der Bohrung erkennen lässt.[2] — Alle diese Apparate sind jedoch nur in feinkörnigem, einigermassen dichtem und etwas feuchtem Boden anwendbar; um auch groben Kies- und lockeren Sandboden in der ursprünglichen Lagerung der Körner zur Untersuchung zu bekommen, fehlt es bis jetzt an geeigneten Mitteln; vielleicht kann hier das Eingiessen fixirender Lösungen oder Gefrierenlassen zum Ziele führen.

b) durch Tellerbohrer.

2. Bestimmung der Korngrösse.

Mit der in's Laboratorium übertragenen Bodenprobe ist dann zunächst eine Sortirung und Bestimmung der Korngrösse vorzunehmen. — Grössere Steine werden entfernt, die übrige Bodenprobe, die ein Gewicht von mindestens 3—4 Kilo haben muss, bei niederer Temperatur (20—50°) bis zum lufttrockenen Zustande getrocknet und dann durch ein Blechsieb mit 3 mm weiten Löchern in 2 Theile geschieden: die gröberen Bodenpartikel, die für sich gewogen, aber keiner weiteren Untersuchung unterworfen werden, und die sogenannte „Feinerde“. Auch deren Gewicht wird zunächst bestimmt und darauf je nach ihrer Constitution verschieden verfahren; ist noch viel feiner Kies und sehr grober Sand darin vertreten, so nimmt man am besten nochmals eine Scheidung vor durch Siebe, die nur 2 und 1 mm Maschenweite haben, und betrachtet erst die durch die letztere hindurchgegangene Portion als Feinerde; fehlen jene gröberen Partikel, so kann man direct die Schlämmanalyse vornehmen, durch welche eine weitere Zerlegung der Feinerde möglich wird.

Absieben.

Schlämmanalyse.

Dieselbe beruht auf der Anwendung des Satzes, dass die Aufschlämmbarkeit eines Körpers abhängig ist von der Bewegungsintensität des Wassers, von der Grösse der Bruchstücke, von deren specifischem Gewicht und ihrer Gestalt. In einem gleichmässig starken Wasserstrom und bei der im grossen Ganzen nur geringen Verschiedenheit des specifischen Gewichts und der Form der Bodenconstituenten werden daher die Theilchen annähernd um so leichter aufschlämmbar sein, je kleiner sie sind. — Ein Maass der Aufschlämmbarkeit erhält man nun durch einfache Apparate, von denen vorzugsweise 3 im Gebrauch sind. Bei dem NÖBEL'schen Schlämmapparat[3] sind 4 birnförmige Trichter von zunehmender Grösse dadurch mit einander verbunden, dass ein Rohr von der oberen Oeffnung des kleineren zu dem unteren Ende des nächstgrösseren Trichters führt; in den zweitkleinsten Trichter (Nr. 2) wird die Feinerde eingefüllt, dann lässt man aus einer Auslaufflasche Wasser durch die verschiedenen Trichter hindurchströmen, und zwar lässt sich dieser Wasserstrom leicht so reguliren, dass in 40 Min. immer 9 Liter durchfliessen. Die gröbsten Theile des Bodens bleiben alsdann in dem Trichter Nr. 1 zurück, die leichter aufschlämmbaren gelangen in den Trichter Nr. 3, die noch leichter in Suspension gehaltenen in den Trichter 4, und die feinsten, staubartigen Bestandtheile, die sich auch dort nicht niederzusetzen vermochten, werden durch das auslaufende Wasser

Spülapparate von Nöbel, Schöne u. A.

fortgeführt und in einem Auffanggefäss gesammelt. Dietrich modificirte diesen Apparat, indem er statt der Trichter gerade Glasröhren von verschiedener Weite und Länge benutzte, die unter verschiedenem Winkel gegen die Horizontale geneigt waren; der Druck des Wassers wurde dabei im ganzen Apparat constant gehalten. — Etwas abweichend in der Construction sind die Apparate von Schöne, von A. Müller und von Hilgard. Bei diesen wird nur ein Schlämmgefäss benutzt, und dagegen die Geschwindigkeit des Wasserstroms variirt; je nach der letzteren werden die leichter oder schwerer aufschlämmbaren Theile der Probe im abfliessenden Wasser enthalten sein.[4]

Statt der bisher beschriebenen sog. „Spülapparate" kann man endlich auch Vorrichtungen benutzen, die als Sedimentir-Apparate zu bezeichnen sind und bei denen die verschiedene Geschwindigkeit, mit welcher verschiedene Korngrössen in ruhendem Wasser sich zu Boden setzen, zur Trennung der Partikel benutzt wird. Dies kann entweder so geschehen, dass man eine Flasche mit der Bodenprobe und einer Wasserschicht von bestimmter Höhe durchschüttelt und dann verschieden lange Zeit stehen lässt; je feiner die Theilchen, um so länger werden sie in dem überstehenden Wasser enthalten sein; oder man kann nach Knop einen Glascylinder mit übereinander gelegenen Tubulaturen benutzen, wo dann je nach der Höhe der Flüssigkeitssäule die verschieden leicht aufschlämmbaren Theile gefunden werden. — Aehnlich ist die Construction von Deetz.[5] Sedimentir-apparate von Knop, Deetz u. A.

Um aus dem Schlämmwasser, das die feinsten Theilchen enthält, diese letzteren zu gewinnen, muss man die Schlämmwässer entweder in flachen Schalen erhitzen[6] oder man versetzt dieselben mit Seifenlösung (besser mit soviel lauwarmer, schwach weingeistiger Ammoniummargaratlösung, dass sie bei starkem Schütteln eben schäumt) und neutralisirt dann durch einige Tropfen Essigsäure. (Al. Müller.)[7] Klärung des Schlämmwassers.

Die Schlämmanalysen haben vorzugsweise Bedeutung für Untersuchungen in landwirthschaftlichem Interesse, bei denen es auf eine genauere Trennung gerade der feinsten Theilchen ankommt. Für die Bodenanalysen vom hygienischen Standpunkt aus scheint es dagegen vorläufig zu genügen, wenn man die feinsten, staubartigen Theilchen insgesammt den grösseren Körnern gegenüberstellt. Dazu eignet sich eine weitere Trennung der Feinerde durch einen Siebsatz, der verschiedene Maschenweiten von 0,25 mm bis 3 mm Durchmesser enthält. Am besten werden diese Siebe aus Messingblech mit runden Löchern hergestellt, und zwar so, dass man dadurch folgende Korngrössen erhält[8]: Bezeichnung der Korngrössen.

1) bis 0,25 mm, zu bezeichnen als feiner Sand und Staub.
2) von 0,25 bis 0,5 mm, mittlerer Sand.
3) von 0,5 bis 1,0 mm, grober Sand.
4) von 1,0 bis 3,0 mm, sehr grober Sand.
5) über 3,0 mm, Kies.

Literatur. 1) Rosenthal, Ueber Bodenuntersuchungen, Amtl. Ber. d. 50. Naturf.-Vers., p. 346. — v. Fodor, Ueber die Aufgaben der Bodenuntersuchungen u. deren Ausführung, Pesther medic.-chir. Presse 12. 727. — C. F. Peters, Ueber Methode der Geologie u. deren Anwendung in der Praxis der Sanitätsbeamten etc., Graz 1879. — Vgl. im Folgenden unter „Grundwasser" etc. — 2) Lissauer, Landwirthschaftl. Versuchsstat. 1876. — Viert. f. öff. Ges. VIII,

p. 569. — FLÜGGE, Beiträge zur Hygiene. Leipzig 1879, p. 74. — HAVENSTEIN, Landwirthschaftl. Jahrb. 1878. — 3) Beschrieben in: E. WOLFF, Entwurf zur Bodenanalyse. Zeitschr. f. anal. Ch. III. p. 85. — 4) SCHÖNE, Bull. de la soc. des Naturalistes de Moscou 1867. 1. ref. in Zeitschr. f. anal. Ch. Bd. 7, p. 29. — A. MÜLLER, Landwirthsch. Centralbl. 1876 u. Zeitschr. f. anal. Ch. Bd. 16, p. 83. — HILGARD, Americ. Journ. of sc. and arts. 1873, ref. in Wollny, Fortschritte, Bd. 2, p. 57. — Wollny, Bd. 2, p. 441. — 5) KNOP, Landwirthschaftl. Versuchsstat. Bd. 17. — Die Bonitirung der Ackererde, Leipzig 1871. — DEETZ, Zeitschr. f. anal. Ch. Bd. 15, p. 428. — 6) LAUFER, Landwirthsch. Versuchsstat. 1875. — 7) A. MÜLLER, Journ. f. prakt. Chemie Bd. 95, p. 52. — 8) ORTH, Jahrb. f. Mineral. 1875. — Amtlicher Ber. d. 50. Naturf.-Vers. p. 348. — Vgl. ferner: E. WOLFF, Anleitung zur chemischen Untersuchung landwirthschaftlich wichtiger Stoffe, Berlin 1875.

II. Physikalische Analyse des Bodens.

Uebersicht der physikalischen Bodenanalyse.

Für die physikalischen Eigenschaften des Bodens ist die Structur desselben, seine Zusammensetzung aus fester Masse und zwischenliegenden Hohlräumen, von wesentlicher Bedeutung. Da die sogenannte mechanische Analyse bereits Aufschluss gegeben hat über die Grösse und das Mischungsverhältniss der festen Bodenelemente, so ist weiterhin vor allem das Verhalten der Poren in Betracht zu ziehen und zu ermitteln, welches Volum sie in einem Boden ausmachen und welche Grösse die einzelnen Zwischenräume haben. Erst wenn die Structurverhältnisse des Bodens in solcher Weise klar gelegt sind, lassen sich die eigentlichen physikalischen Eigenschaften desselben richtig verstehen, die dann durch weitere Experimente zu ermitteln sind. Vom hygienischen Standpunkte interessirt in dieser Beziehung namentlich das Verhalten des Bodens zum Wasser; zunächst seine Capacität, Durchlässigkeit und sein Aufsaugungsvermögen für flüssiges Wasser, dann das Condensationsvermögen für dampfförmiges Wasser; daran reihen sich die Erscheinungen der Absorption für andere Gase. Ferner ist die Einwirkung der Wärme auf den Boden zu prüfen, sein Absorptions- und Emissionsvermögen für Wärmestrahlen und seine Fähigkeit die Wärme zu leiten. Unter Berücksichtigung der so kennen gelernten wirksamen Einzelfactoren sind dann complicirtere Erscheinungen der Analyse zugänglich; namentlich erfordern die Methoden zur Messung der Temperatur des Bodens, sowie zur Prüfung seiner Einwirkung auf gewisse organische Substanzen besondere Aufmerksamkeit.

Die Poren des Bodens können entweder von fester Masse ganz umschlossen oder aber der Luft, resp. dem Wasser zugänglich sein. Der erstere Fall liegt bei den gewöhnlich zur Untersuchung gelangenden Bodenproben des Diluviums und Alluviums so selten vor, dass von ihm gänzlich abgesehen werden kann; im Folgenden werden daher nur solche Hohlräume unter dem Ausdruck Poren verstanden werden, die mindestens für Gase Eintrittsöffnungen besitzen. 1) Bestimmung des Porenvolums.

Zunächst ist zu ermitteln, welchen Raumtheil die gesammten Poren in einem bestimmten Volum Boden ausmachen. Diese Grösse bezeichnete man früher mit dem Namen „Porosität"; Renk hat jedoch mit Recht aufmerksam gemacht, dass dieser Ausdruck besser nicht gebraucht wird, um ein quantitatives Verhältniss anzudeuten, sondern nur um eine Eigenschaft des Bodens zu bezeichnen, die derselbe mit manchen anderen Körpern theilt, nämlich die, den von ihnen eingenommenen Raum nicht völlig auszufüllen, und Hohlräume einzuschliessen, die mit anderen Körpern erfüllt sind. Das Gesammtvolum der Poren dagegen, welches zusammen mit dem Volum der festen Masse des Bodens dessen scheinbares Volum ausmacht, ist als Porenvolum zu bezeichnen.[1]

Eine approximative Berechnung des Porenvolums ist schon nach den Resultaten der mechanischen Analyse möglich.[2] Sobald nämlich der Boden aus annähernd gleich grossen Partikeln besteht, so dass nur minimale Mengen gröberer oder feinerer Massen durch die Siebe abgetrennt werden, beträgt das Porenvolum annähernd 35—36 % des Gesammtvolums. Dabei ist es gleichgültig, welches die durchschnittliche Korngrösse ist, ob man es mit gleichförmigem Kies- Sand- oder Lehmboden zu thun hat. a) durch die mechanische Analyse.

Denkt man sich die Bestandtheile des Bodens als Kugeln von gleicher Grösse, so sind im Wesentlichen zwei Formen der Lagerung dieser Kugeln zu unterscheiden: eine denkbar dichteste, bei der eine Kugel immer im Zwischenraum zweier anderer ruht und eine lockere, wo die obere Kugel nur auf der Spitze der unteren aufliegt. Die erste Lagerung ist repräsentirt in einem Kugelhaufen, der zur 3- oder 4seitigen Pyramide aufgeschichtet ist. Setzt man den Durchmesser der Kugeln nun beliebig gross, so ergiebt sich doch eine constante Zahl für das Porenvolum einer solchen Pyramide, und zwar findet man dieselbe, indem man die Zahl der Kugeln mit dem Kugelinhalt multiplicirt und von dem Inhalt der ganzen Pyramide abzieht. Das so berechnete Porenvolum beträgt 26 %. — Sind andererseits Kugeln in einem Würfel locker aufeinander geschichtet, so ergeben sich 47,6 %. — Diese Zahlen sind constant für Kugeln jeder Grösse. — Im Boden wird weder die eine noch die andere Art der Lagerung genau wiedergegeben sein, und ausserdem entfernt sich die Gestalt der Bodenelemente mehr weniger von der Kugelgestalt; im Ganzen werden aber auch diese Abweichungen bei der Mehrzahl der Bodensorten constant, also z. B. = α sein und dann wird das Porenvolum eines aus gleichartigen Elementen zusammengesetzten Bodens = 26 + α % betragen. Bei den im Laboratorium möglichst dicht eingefüllten Bodensorten findet man α = 10,2; im gewachsenen Boden oft etwas niedriger, etwa Berechnung des Porenvolums bei Boden von gleicher Korngrösse.

= 9; das Porenvolum beträgt demnach für die verschiedensten Bodensorten mit unte sich gleich grossen Elementen 36,2 resp. 35 %.

Einfluss verschiedener Korngrössen.

Anders wird das Verhältniss, wenn die mechanische Analyse nach gewiesen hat, dass der Boden aus verschieden grossen Elementen zu sammengesetzt ist, so zwar, dass die einen Elemente kleiner sind als di natürlichen Poren der anderen. Das Porenvolum hängt dann davon ab wie viel verschiedene Sorten durcheinander gemengt sind, und in welchen Verhältniss die verschiedenen Korngrössen gemischt sind. Die dichtest Lagerung wird bestehen, wenn die kleineren Elemente immer gerad in solcher Menge vorhanden sind, als die Summe der Poren der nächs grösseren Sorte beträgt; da die letztere gewöhnlich 35—36 % ausmacht werden 2 Bodensorten auf das dichteste gemischt sein und das kleinst Porenvolum haben, wenn die kleinere 35—36 % des Gesammtvolum beträgt; dagagen wird das Porenvolum um so grösser werden, je meh das Mischungsverhältniss sich von diesem Werth entfernt. —

Selbstverständlich ist auf solche Weise eine nur ganz annähernd Orientirung darüber möglich, ob man es mit einem sehr porösen ode sehr dichten Boden zu thun hat. Für quantitative Bestimmungen de Porenvolums sind die folgenden Methoden zu wählen, und zwar ist e wünschenswerth, sogar möglichst exacte und fehlerfreie Methoden an zuwenden, da die Differenzen des Porenvolums, die im gewachsenen Bode vorkommen, im Ganzen nur geringfügig sind.

b) Bestimmung des Porenvolums durch Wägung und spec. Gewichtsbestimmung.

Sehr genaue Resultate erhält man, wenn man ein gemessene Volum des Bodens wägt, die erhaltene Zahl durch das specifisch Gewicht des Bodens dividirt und nun das so erhaltene Volum de festen Masse von dem Gesammtvolum abzieht; der Rest ist dann da Volum der Poren. — Wenn das specifische Gewicht des Bodens bekann ist, so ist die Methode leicht ausführbar. Man bestimmt zunächst de Inhalt eines Blechcylinders dadurch, dass man ihn leer und dann mi Wasser von + 4° gefüllt wägt; dann wird der Cylinder entweder in Laboratorium mit dem vorher getrockneten Boden unter fortwährender Stossen und Rütteln langsam vollgeschüttet oder der Boden wird in gewachsenen Zustande ausgestochen. Im ersten Fall erhält man durc eine Wägung sofort das absolute Gewicht des Bodens; in letzterem Fa hat man nach der Wägung den Boden bei niederer Temperatur z trocknen und das verdunstete Wasser von dem Gewicht in Abzug z bringen.

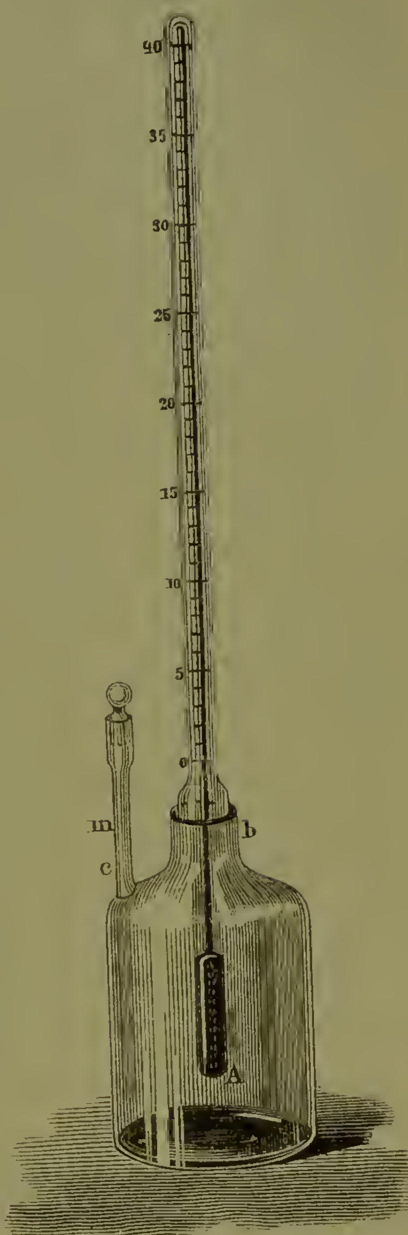
Bestimmung des specifischen Gewichts des Bodens.

Da aber die Schwankungen des specifischen Gewichts bei den gewöhnlich vo kommenden Bodenarten zwischen 2,5 und 2,8 betragen, so ist ausserdem für alle ge naueren Untersuchungen eine Bestimmung des specifischen Gewichts de Bodens unerlässlich. Dieselbe erfordert einige besondere Vorsichtsmassregeln. D nur das specifische Gewicht der festen Masse des Bodens bestimmt werden soll, dürfe

die Poren desselben durchaus keine Luft enthalten, sondern müssen vollständig mit der Flüssigkeit erfüllt sein, in welcher die specifische Gewichtsbestimmung vorgenommen wird. Das ist aber sehr schwer erreichbar, namentlich wenn die Poren des Bodens sehr eng sind, und Luftblasen fest an den Bodentheilchen adhäriren. — Am besten nimmt man die Bestimmung im Pyknometer, einem Glasgefäss von beistehender Form (Fig. 49), vor. Bei *h* ist ein Glasstöpsel eingeschliffen, der zugleich als Thermometer fungirt, und mittelst dessen ein bestimmter, immer gleicher Raum im Gefässe abgeschlossen wird. Ausserdem trägt das Gefäss eine capillare Röhre *c*, die ebenfalls mit Glasstöpsel und ausserdem mit einer Marke *m* versehen ist. Das Gefäss wird nun zunächst mit Wasser gefüllt, dann wird der Stopfen bei *h*, während das Capillarrohr *c* offen ist, geschlossen und darauf das aus der Capillarröhre vorragende Wasser mit Fliesspapier abgetupft, bis es gerade zur Marke *m* reicht. Nachdem das ganze Gefäss sorgfältig abgetrocknet ist, wägt man dasselbe. Sodann wird eine kleine Portion, etwa 5 gr, des zu untersuchenden Bodens in vollkommen trockenem Zustande genau abgewogen und in das mit Wasser gefüllte Pyknometer unter Vermeidung jeden Verlustes eingefüllt. Um nun die Luft aus dem Boden vollständig zu entfernen, muss das ganze Gefäss etwa 1 Stunde lang bis nahe zur Siedetemperatur erwärmt oder unter den Recipienten der Luftpumpe gebracht werden. Erst dann verschliesst man wieder wie früher und wägt abermals. — War das Gewicht des gefüllten Pyknometers $= P$; das des trockenen, in Luft gewogenen Bodens $= p$; das Resultat der zweiten Wägung des mit dem Boden beschickten Pyknometers $= P + \pi$; so findet man aus $(P + p) - (P + \pi)$ das Gewicht und, wenn die Temperatur 4^0 war, auch das Volum des verdrängten Wassers, und damit zugleich das Volum des eingefüllten Bodens. Bezeichnet man dieses mit v, so ist $\frac{p}{v}$ das specifische Gewicht des Bodens. — Liegt die Temperatur des Pyknometers nahe bei 4^0, so ist keine weitere Correction nöthig; andernfalls ist nach der Tabelle XI eine entsprechende Reduction vorzunehmen (vgl. pag. 76). — Wollny hat empfohlen, statt des Wassers Petroleum zur Füllung des Pyknometers zu benutzen, da dieses leichter an den Bodentheilchen adhärirt und so das Anhaften von Luftblasen verhindert.[3]

Pyknometer.

Fig. 49.



Pyknometer.

Ausführung der Bestimmung.

c) Bestimmung des Porenvolums durch Volumenometer.

Statt aus der Gewichtsdifferenz zwischen ganzem Boden und der festen Masse allein lässt sich das Porenvolum auch direct durch die Volumdifferenz beider bestimmen. Zu dem Zweck ermittelt man zunächst das Volum der ganzen Masse einer Bodenprobe dadurch, dass man dieselbe in Quecksilber eintaucht und dessen Volumzunahme misst, z. B. in einem schmalen Cylinder, von dessen Deckel eine

feine Spitze herabreicht; diese Spitze wird vor und nach dem Einlegen des Bodenstückes auf die Oberfläche des Quecksilbers eingestellt und ihre Excursionen werden beobachtet.[4] Danach wird dieselbe Bodenprobe, eventuell zerkleinert, in ein Kopp'sches Volumenometer eingefüllt; in diesem dringt dann die Luft in sämmtliche Poren und man erhält nur das Volum der festen Masse; die Differenz der beiden Volumbestimmungen ergiebt das Porenvolum. — Dies Verfahren ist namentlich in den Fällen anwendbar, wo es sich um Untersuchung eines compacten und sehr feinporigen, lehmigen oder felsigen Bodens handelt.

Die beschriebenen Methoden sind nur mit complicirteren Hülfsmitteln ausführbar; es sind daher vielfache Vorschläge gemacht, die darauf abzielen, eine möglichst rasche und einfache, aber doch hinreichend genaue Bestimmung des Porenvolums zu ermöglichen. Die in diesem Sinne empfohlenen Methoden laufen alle darauf hinaus, die Poren mit einem anderen, flüssigen oder gasförmigen Körper zu füllen und entweder dessen Menge oder die Menge der verdrängten Luft zu messen.

d) Bestimmung des Porenvolums durch Füllen der Poren mit Wasser.

Früher hat man meist Wasser zur Füllung der Poren verwendet; bei jedem irgendwie feinmaschigen Boden ist es aber unmöglich, hierbei brauchbare Resultate zu erhalten, da das Wasser in viele Poren mit sehr engen Oeffnungen gar nicht eindringen kann und in diesen alsdann Luft abschliesst; selbst wenn man das Wasser von unten in den Boden aufsteigen lässt, findet kein vollständiges Verdrängen der Luft statt, da die Capillaraufsaugung an verschiedenen Stellen des Bodens sehr verschieden rasch von Statten geht, die Verbreitung des Wassers im Boden daher sehr unregelmässig ist und auch auf diese Weise häufig zu einem Verschluss lufthaltiger Poren führen muss.

e) Bestimmung des Porenvolums durch Füllen der Poren mit CO_2 und Messen der ausgetriebenen Luft.

Bessere Resultate erhält man, wenn man zur Ausfüllung der Poren eine Gasart benutzt. Diese dringt leicht in alle überhaupt zugänglichen Zwischenräume und man kann daher mit grösseren Mengen eines fremden Gases die vorhandene Luft des Bodens vollständig auswaschen. Am zweckmässigsten bedient man sich dazu der Kohlensäure. Der zu untersuchende Boden wird in ein Blechrohr eingeschlossen, das sorgfältig gedichtet ist und nur an jeder Seite ein offenes Glasrohr trägt; dieses wird einerseits mit einem CO_2-Entwickelungsapparat verbunden, andererseits endet es mit aufwärts gekrümmter Spitze unter einem Gasmessrohr, das mit starker Kalilauge gefüllt ist und in einer Wanne mit solcher Lauge steht. Man lässt alsdann CO_2 durch den Boden hindurchtreten; die verdrängte Luft sammelt sich im Eudiometer, während die CO_2 von der Kalilauge absorbirt wird. Sobald keine weitere Vermehrung des Gasvolums eintritt, liest man dessen Menge ab und bringt die bei Gasanalysen üblichen Reductionen an. — Es ist sehr leicht, alsdann noch eine Controlbestimmung hinzuzufügen, indem man die Verbindungen der Glasrohre löst und nun eine Zeit lang Luft hindurchaspiriren lässt; der

Apparat ist sofort für eine neue Bestimmung fertig. — Die Methode ist namentlich auch für die Untersuchung des gewachsenen Bodens brauchbar; man setzt zu dem Zweck den Apparat, den man zum Ausstechen des Bodens benutzte (pag. 173), mittelst der durchbohrten Fortsätze an den beiden Deckeln unmittelbar mit dem CO_2-Apparat resp. mit dem Eudiometer in Verbindung. —

2) Bestimmung der Porengrösse.

Stehen somit für die Bestimmung des Porenvolums hinreichend genaue Methoden bereits zur Verfügung, so ist dies leider durchaus nicht der Fall in Bezug auf die übrigen noch zu untersuchenden Eigenschaften des Bodens. So kennen wir bisher kein Mittel, um die durchschnittliche Grösse der Poren eines Bodens direct zu bestimmen, obwohl dieser Factor von ungleich bedeutenderem Einfluss auf das Verhalten des Bodens gegenüber Luft und Wasser ist, als das Porenvolum. In vielen Fällen, namentlich bei sehr gleichmässigem Boden, wird allerdings die Korngrösse auch über die Porengrösse Aufschluss geben, wenn gleichzeitig das Porenvolum bekannt ist. Hat die Bestimmung des letzteren z. B. ergeben, dass die Bodenpartikel so dicht zusammengelagert sind, wie man es in der Regel bei gewachsenem Boden findet; und ist andererseits durch mechanische Analyse ermittelt, dass der Boden lediglich aus Körnern von sehr geringem Durchmesser besteht, so wird das Porenvolum sich auf eine entsprechend grosse Anzahl von Poren vertheilen und der Durchmesser der einzelnen Pore wird ein sehr kleiner sein müssen. — Bis zu einem gewissen Grade vermag auch die folgende Bestimmung der Wassercapacität des Bodens über die Grösse der Poren zu orientiren.

Unterschied zwischen capillaren Poren und weiteren Poren.

Unter den Zwischenräumen eines Bodens lassen sich nämlich zweierlei Arten unterscheiden, die von sehr verschiedener Bedeutung zunächst für das mit dem Boden in Berührung kommende flüssige Wasser sind. Man hat die capillaren Zwischenräume, die Wasser anzusaugen vermögen und dasselbe energisch zurückhalten, von dem Antheil der Poren zu trennen, der aus weiteren Räumen besteht und gar nicht oder nur vorübergehend mit Wasser erfüllt wird. Sind in einem Boden sämmtliche Poren sehr eng, so wird derselbe bei Berührung mit Wasser leicht vollständig durchfeuchtet werden und nur Spuren von Luft einschliessen; ist ein grösserer Theil der Zwischenräume von beträchtlicher Weite, so werden nur die capillaren Zugänge Wasser zurückhalten, im übrigen aber wird der Boden stark lufthaltig bleiben. Es ist vorauszusehen, dass dieser verschiedene Gehalt an Luft und Feuchtigkeit beispielsweise von bedeutendem Einfluss auf den Ablauf der verschiedensten chemischen und biologischen Processe sein wird, und dass Bodensorten von gleichem Porenvolum sehr differente Wirkung äussern können, je nachdem ein grösserer oder geringerer Theil der Poren nur capillare

3) Bestimmung der capillaren Poren u. der Wassercapacität.

Weite hat. — Den Gehalt des Bodens an solchen capillaren Räumen bezeichnet man nun auch als Wassercapacität oder specifischen Wassergehalt des Bodens, und man bestimmt denselben dadurch, dass man in einem Kästchen von Zinkblech, etwa 20 cm hoch und von 9 □cm Grundfläche, dessen Boden mit zahlreichen Löchern versehen ist, zunächst den letzteren mit einem Stücke angefeuchteter Leinwand bedeckt, dass man sodann das Kästchen wägt und. darauf mit dem Boden füllt. Man wägt abermals, und stellt nun das Kästchen 5—10 mm tief in Wasser; dort lässt man es, bis neue Wägungen nur noch ganz unbedeutende Gewichtszunahme anzeigen. Die schliessliche Gewichtsdifferenz giebt das Gewicht des aufgenommenen Wassers, und damit zugleich das Volum der capillaren Poren.

Auf sorgfältiges Einfüllen, ferner auf stets gleiche Höhe der Erdschicht ist besonders Bedacht zu nehmen. Früher suchte man die Wassercapacität einfach dadurch zu bestimmen, dass man eine beliebig grosse gewogene Erdportion auf einem Trichter mit Wasser übergoss, abtropfen liess und wiederum wog; das ungleichmässige Eindringen des Wassers, die verschieden dichte Lagerung des Bodens, die Differenzen in Höhe und Dicke der Schicht bewirken hierbei jedoch, dass die Resultate durchaus nicht unter einander vergleichbar werden.

Bestimmung der absoluten Wassercapacität.

Benutzt man statt der oben beschriebenen niedrigen Kästchen lange Glasröhren von 1,5—2 cm Weite und über 1 Meter Länge, so erhält man gewöhnlich etwas niedrigere Werthe, sobald man die Bestimmung der Wassercapacität an einer Stelle vornimmt, die oberhalb der Höhe gelegen ist, bis zu welcher das Wasser capillar aufsteigen kann. Für manche praktische Verhältnisse hat gerade diese Bestimmung der „kleinsten“ oder „absoluten“ Wassercapacität besonderen Werth, da auch beim natürlichen Boden die Wasserbewegung innerhalb solcher langer Säulen stattfindet, und daher der Wassergehalt der oberen Bodenschichten dieser kleinsten Wassercapacität entspricht. Um sie zu bestimmen, wird das Versuchsrohr in etwa 75 cm Höhe zerschnitten, dann wieder mit Kautschuk verbunden und nun mit dem Boden gefüllt; dann wird oben rasch Wasser aufgegossen und nach dem Abfluss desselben der Kautschukverschluss gelöst, eine Probe des dort befindlichen Bodens herausgenommen und dessen Wassergehalt durch Trocknen bei 100° bestimmt.[5]

Berechnung der Porengrösse.

Drückt man die Wassercapacität in Procenten des Porenvolums aus, so erhält man einen gewissen Aufschluss über die durchschnittliche Porengrösse. Ist die Wassercapacität = 100 % des Porenvolums, so sind sämmtliche Poren von capillarem Durchmesser; beträgt sie weniger, so ist ein entsprechender Theil der Zwischenräume von grösserem Durchmesser. Genauere quantitative Bestimmungen sind indess durch diese Methode nicht möglich.

Einwände gegen die Methoden zur Bestimmung der Wassercapacität.

In humosem und thonigem Boden kann ein erheblicher Antheil des Wassers eine Art chemische Bindung erfahren, so dass alsdann die Wasseraufnahme gar nicht allein von der Menge und Beschaffenheit der Poren abhängt; und andererseits können chemische Stoffe die Benetzbarkeit des Bodens erheblich alteriren; z. B. findet man oberflächlichen Boden oft mit einer feinen Schicht kohlenwasserstoffartiger Substanzen

überzogen und die Wasseraufnahme wird hier sofort eine ganz andere, sobald man den Boden vorher mit Alkohol behandelt hat.

Die Versuche, das Verhalten des Wassers im Boden zu studiren, unterliegen ausserdem dem gemeinsamen Einwande, dass ein gleichmässiges Füllen aller Hohlräume mit Wasser im Laboratorium ebensowenig gelingt, als die Herstellung einer gleichen Dichtigkeit des Bodens; es werden also stets willkürlich eine Reihe von Abweichungen eingeführt. Auch im natürlichen gewachsenen Boden bestehen bedeutende örtliche Differenzen der Dichtigkeit, so dass z. B. der fallende Regen durchaus nicht gleichmässig den Boden erfüllen wird; aber im Laboratorium werden nicht einmal Experimente mit dem gleichen Material unter einander übereinstimmen, sondern man erhält auch bei Controlversuchen mit mehreren demselben Boden entnommenen Proben fast stets erhebliche Differenzen. Es ist daher gut, die Bestimmung der Wassercapacität des Bodens immer nur als eine approximative anzusehen und nicht zu viel Werth auf feinere Cautelen der Methode zu legen.

Aehnlich verhält es sich mit der Bestimmung des capillaren Aufsaugungsvermögens eines Bodens für Wasser. Man prüft dasselbe in Glasröhren von etwa 1 m Höhe und $1^1/_2$—2 cm Durchmesser, die an der unteren Oeffnung mit feiner Leinwand verschlossen, dann mit dem Boden gefüllt und vertikal, mit dem unteren Ende 1—2 cm tief ins Wasser ragend, aufgestellt werden. Man misst entweder die Höhe, bis zu der das Wasser innerhalb gewisser Zeit (24—48 St.) gestiegen ist, oder die Zeit, welche erforderlich ist, bis eine gewisse Höhe von der Feuchtigkeit erreicht wird. — Im Allgemeinen hängt das Aufsaugungsvermögen von der Feinheit der vorhandenen Capillarräume ab; ausserdem kommt die Temperatur und das Vorhandensein löslicher Salze in Betracht. — Genauere und übereinstimmende Controlversuche scheitern auch hier an der Unmöglichkeit, eine gleichmässig dichte Lagerung des Bodens herzustellen. Meistens verbreitet sich das Wasser sogar in demselben Versuchsrohr so unregelmässig, dass die Bestimmung einer scharfen Grenze schwer fällt.[6]

4) Bestimmung des capillaren Aufsaugungsvermögens.

Eine für das hygienische Verhalten des Bodens sehr wichtige Eigenschaft ist seine Durchlässigkeit für Wasser. Dieselbe ist jedoch im Laboratorium kaum bestimmbar. Nach dem was bei der Messung des Porenvolums über die grossen Schwierigkeiten gesagt ist, die jeder feinporige Boden dem Eindringen des Wassers entgegensetzt, ist es verständlich, dass die Wassermengen, die ein solcher Boden bei einem Laboratoriumsexperiment hindurchtreten lässt, von unberechenbaren Einflüssen abhängen.

5) Bestimmung der Durchlässigkeit des Bodens für Wasser.

Stellt man solche Versuche mit einem Glas- oder Thonrohr an, das mit dem Boden gefüllt und oben mit einem Ueberlauf versehen ist, so dass die Oberfläche des Bodens stets von einer gleich hohen Schicht bedeckt ist, so erhält man fortwährend wechselnde Zahlen für die durchgeflossenen Quantitäten Wasser. Aufsteigende Luftblasen zeigen an, dass bald diese, bald jene Pore das Wasser eindringen lässt und nun also die Durchlässigkeit vermehren hilft; namentlich bei Erschütte-

Unzulänglichkeit der Laboratoriumsversuche.

rungen pflegen sich zahlreichere Blasen zu erheben; andererseits wird aus luftreichem Wasser, wie es die meisten Wasserleitungen führen, dann und wann Luft wieder in Poren aufgenommen und letztere dadurch dem Verkehr des Wassers entzogen; dann aber werden vor allem die leicht aufschlämmbaren Theile des Bodens vom Wasser in Bewegung gesetzt und es stellt sich allmählich eine immer andere Lagerung der Theilchen her. Lässt man das Wasser ablaufen und beginnt dann die Füllung auf's neue, so erhält man völlig abweichende Werthe. Man kommt somit überhaupt zu keinem bestimmten Resultate und hat nicht die geringste Garantie, dass durch solche Laboratoriumsversuche auch nur annähernd die Verhältnisse des natürlichen Bodens, bei denen der Factor der Zeit eine so unendlich grössere Rolle spielt, repräsentirt werden.

Approximative Bestimmung der Bodendurchlässigkeit durch Pumpversuche an gegrabenen Brunnen.

Versuche, die Durchlässigkeit des Bodens für Wasser nicht mit ausgehobenem Boden im Laboratorium, sondern im natürlichen Zustande zu bestimmen, sind bisher noch selten angestellt; doch wird auf die Ausbildung geeigneter Methoden eifrig hingearbeitet. (Vgl. weiter unten die Bestimmung der horizontalen Fortbewegung des Grundwassers.) — Eine annähernde Schätzung der Durchlässigkeit, die für viele hygienische Local-Untersuchungen genügen dürfte, ist mittelst der gewöhnlichen gegrabenen Pumpbrunnen zu erzielen. Der Zufluss des Wassers zum Brunnenschacht findet seine weitaus grössten Widerstände in dem umgebenden Boden; der Brunnen selbst, in den das Wasser in erheblicher Menge stets nur von der Sohle aus eintritt, bietet dort keine besonderen Widerstände, sondern wird absichtlich mit grobem, leicht durchlässigem Kies ausgefüllt. Wird nun durch Pumpen der Wasserspiegel des Brunnenschachtes um ein bestimmtes Maass gesenkt, so wird die Niveaudifferenz um so rascher ausgeglichen werden, je leichter durchlässig der Boden ist, in dem sich das Grundwasser bewegt; und um eine constante Niveaudifferenz fortdauernd zu erhalten, wird man um so mehr Wasser in der Zeiteinheit auszupumpen haben, je rascher dasselbe in Folge der Durchlässigkeit des Bodens zufliesst. — Man kann demnach einen Versuch in der Weise anstellen, dass man auf den Wasserspiegel eines Brunnens einen Schwimmer aufsetzt, dessen verticale Excursionen an einer am Brunnenpfosten angebrachten Skala abzulesen sind; man lässt alsdann pumpen, bis eine Senkung des Grundwasserspiegels um $^1/_2$ m eingetreten ist; von da an sucht man dann das Pumpen so zu reguliren, dass der Zeiger des Schwimmers ungefähr auf demselben Stande bleibt, und das während dieser Zeit ausgepumpte Wasser fängt man in Gefässen von bekanntem Inhalt auf und berechnet danach die durchschnittlich pro Minute bei $^1/_2$ m Niveaudifferenz zufliessende Wassermenge. Damit ist dann zugleich ein relatives Maass der Bodendurchlässigkeit für Wasser gegeben. —

Resultate dieser Methode.

Die Methode, welche übrigens noch näherer Prüfung und Ausbildung bedarf, lässt ausserordentlich grosse Differenzen zu Tage treten, und bei gröberem Kiesboden

versagt dieselbe in so fern ganz, als es hier überhaupt unmöglich ist, eine merkliche Senkung des Wasserspiegels zu erzielen; es ist dann also die Durchlässigkeit als unendlich gross zu bezeichnen. In dichtem, lehmigem Boden ist dagegen die Wasserbewegung so ausserordentlich erschwert, dass ein Mann leicht einen Brunnen bis zu 2 oder 3 Meter auspumpt und dass das Wasser viele Stunden gebraucht, um den früheren Stand wieder zu erreichen.

Durch das letztbeschriebene Verfahren ist indess nur über diejenigen Bodenschichten eine Orientirung möglich, innerhalb deren sich das Grundwasser bewegt; während die Durchlässigkeit der oberflächlichen, über dem Grundwasserspiegel gelegenen Bodenschichten nicht minder hygienisches Interesse hat. So lange keine Methode bekannt ist, die auch hier das wasserdurchlassende Vermögen im natürlichen Zustande des Bodens zu messen gestattet, ist es zweckmässig, dasselbe nach der Permeabilität des Bodens für Luft abzuschätzen, da diese Eigenschaft viel eher einer Bestimmung zugänglich ist.

Von grossem Interesse ist endlich noch der momentane Wassergehalt des Bodens. Derselbe kann entweder in der bei der chemischen Analyse beschriebenen Weise erfolgen; doch ist dazu immer die Entnahme einer Probe von der Stelle des Bodens, die auf ihre Feuchtigkeit geprüft werden soll, nöthig; und das erhaltene Resultat hat wiederum nur für den eng begrenzten Raum Gültigkeit, von dem die Probe stammt. Meist aber handelt es sich bei hygienischen Fragen um die Erkennung des Zustandes ausgedehnter Bodenschichten, und es kommt weniger auf peinliche Genauigkeit des Resultats an, als darauf, dass mit möglichst geringen Hülfsmitteln ein annähernder Ausdruck für den Feuchtigkeitszustand eines grösseren Terrains gewonnen wird, und dass sich die zeitlichen Schwankungen dieses Feuchtigkeitsgehalts studiren lassen. 6) Bestimmung der Bodenfeuchtigkeit.

Vorzugsweise haben drei Methoden in diesem Sinne Anwendung gefunden. Entweder stellt man grössere Gefässe aus Blech oder auch aus Ziegelsteinen gemauert und dann mit Cement gedichtet her, deren Boden durchlöchert ist. Diese „Lysimeter" werden mit einer $^1/_2$—$1^1/_2$ m hohen Bodenschicht aus dem zu untersuchenden Terrain gefüllt und im Freien in die Erde eingesenkt. Man kann alsdann auf den Feuchtigkeitszustand des eingefüllten und annähernd auch des umgebenden gewachsenen Bodens schliessen, wenn man regelmässig von Zeit zu Zeit entweder das durchgeflossene Wasser misst oder die ganzen Behälter wägt. Am zweckmässigsten trifft man die Einrichtung, dass mehrere derartige Blechgefässe über einander gestellt werden, so dass die Niederschläge allmählich durch dieselben hindurchsickern; jeder Behälter wird dann einzeln gewogen und man erhält einen Aufschluss über die Feuchtigkeitsverhältnisse der verschiedenen Bodenschichten. — Die Methode eignet sich ihrer Complicirtheit wegen aber mehr für die Untersuchung specieller wissenschaftlicher Fragen, als für fortlaufende Beobachtungen der Bodenfeuchtigkeit. Ausserdem macht der geringe Umfang der Versuchsgefässe eine Uebertragung auf grössere Bodenstrecken schwierig; die Art des Einfüllens des Bodens ist von uncontrolirbarem Einfluss, und das Material der Behälter und die mehr weniger freie, den Sonnenstrahlen und dem Winde ausgesetzte Aufstellung können Fehler bedingen, die eine Vergleichbarkeit der Resultate ausserordentlich erschweren.[7] a) durch Lysimeter.

Von vornherein kann es scheinen, als ob in der Messung der Nieder-

b) durch Messung der Niederschlagsmengen.

schlagsmengen ein einfaches und hinreichend sicheres Mittel gegeben wäre, um die jeweilige Bodenfeuchtigkeit zu messen. Es ist aber schon früher (pag. 95) darauf hingewiesen, dass nur ein Bruchtheil der Niederschläge wirklich in den Boden eindringt; und dass dieser Antheil den bedeutendsten örtlichen und zeitlichen Schwankungen unterliegt. So dringt vom Sommerregen so gut wie gar nichts in den Boden, von Platzregen ein weit kleinerer Bruchtheil als von langsamem, anhaltendem Regen; auf abschüssigem Terrain fliesst weit mehr von den Niederschlägen ab, als auf ebenem Boden. — Der Antheil aber, der in die oberflächlichsten Bodenschichten eingedrungen ist, verhält sich wieder sehr verschieden in Bezug auf die Befeuchtung des tieferen Bodens; die Verdunstungsgrösse, die ihrerseits von der Temperatur des Bodens, von der Lebhaftigkeit der Winde, der Trockenheit der Luft, der Durchlässigkeit der Bodenoberfläche abhängig ist, kommt in dieser Beziehung ebenso in Betracht, wie die Wasserkapacität der höheren Schichten, die einen mehr weniger grossen Antheil des Wassers zurückhält. Endlich ist zu bedenken, dass die gemessenen Niederschläge nicht die einzigen Quellen der Bodendurchfeuchtung sind; sowohl durch Condensation von Wasserdampf, wie durch Capillaraufsaugung von Grundwasser kann eine Durchfeuchtung der oberen Bodenschichten stattfinden. —

Dennoch werden für ein- und dasselbe Terrain aus einer geeigneten Beobachtung der Niederschläge vielleicht gewisse Anhaltspunkte für die zeitlichen Schwankungen der Bodenfeuchtigkeit sich gewinnen lassen. Ist nämlich durch eine eingehendere Untersuchung das Verhalten des speciellen Bodens zum Wasser näher festgestellt und hat man namentlich ermittelt, wie viel Wasser, entsprechend der Durchlässigkeit, der Temperatur des Bodens etc. in denselben innerhalb einer gewissen Zeit eindringen kann, so ergiebt sich annähernd der Grad der Durchfeuchtung aus der Messung der Niederschläge, jedoch nur, wenn diese nicht wie bisher nur nach ihrer absoluten Menge innerhalb 24 Stunden, sondern mit Rücksicht auf die zeitliche Vertheilung gemessen werden. Erst dadurch lässt sich der Antheil des Regens einigermassen isoliren, der für die Bodendurchfeuchtung in Betracht kommt. — In solcher Weise sind bisher die Beobachtungen noch nicht ausgeführt und wird daher die Entscheidung über die Brauchbarkeit einer auf solche Principien basirten Methode erst abzuwarten sein.

c) durch Beobachtung der Grundwasserschwankungen.

Bei einigen Bodenarten scheint nun drittens die Bodenfeuchtigkeit bestimmt werden zu können aus den vertikalen Schwankungen des Grundwasserniveau's. Jedoch geht nur in einem sehr durchlässigen, lockeren Boden, der die Niederschläge rasch bis zum Grundwasser durchtreten lässt, die Bewegung des letzteren der Bodenfeuchtigkeit parallel und auch wieder nur dann, wenn die den Boden durchsetzenden Regenmengen die einzige oder doch wesentlichste Ursache der Grundwasserschwankung bilden. — Diese Beziehungen werden weiter unten bei der Besprechung der Methoden zur Grundwassermessung näher erörtert werden müssen. —

Neben dem Verhalten des Bodens gegen flüssiges Wasser interessirt dann namentlich noch sein Verhalten gegenüber gasförmigem Wasser und anderen Gasen; die Durchlässigkeit des Bodens für Luft, sein Condensations- und Absorptionsvermögen kommen hier in erster Linie in Betracht; und das Absorptionsvermögen für verschiedene gelöste Stoffe wird zweckmässig gelegentlich der Absorption von gasförmigen Körpern erörtert. —

Die Methode zur Feststellung der Durchlässigkeit des Bodens für Luft besteht nach Renk[8] darin, dass der Boden in Blechcylinder von 25—50 cm Höhe und etwa 5 cm Durchmesser eingefüllt wird, welche dann an beiden Enden einen Verschluss aus doppelter Lage Drahtnetz erhalten; an der einen Seite ist das Blechrohr jenseits des Drahtnetzes noch mit einem Kautschukkork verschlossen, durch dessen Bohrung ein Glasrohr geht, welches nach dem Boden zu kurz endet und an der anderen Seite durch Kautschukschlauch mit einer Gasuhr und von da mit einem Gasometer von etwa 25 Liter Inhalt verbunden ist. In den Raum zwischen Kork und Drahtnetz ragt ausserdem ein Manometer; die Druckschwankungen werden mittelst eines verstellbaren Quetschhahns am Kautschukschlauch regulirt. Bei geringen Geschwindigkeiten, die bis zu 0,062 m pro Sec. betragen, ist die durchtretende Luftmenge dem angewendeten Druck proportional. Nimmt man gleich lange Bodenschichten und gleichen Druck, so ist die Permeabilität nur noch abhängig vom Porenvolum und von der Porengrösse; und zwar ist sie dem ersteren einfach proportional, während sie enorm rasch sinkt, je feiner die Poren werden, und je geringer die Korngrösse ist; nach Schürmann soll die Permeabilität proportional den vierten Potenzen der Poren- oder der Korndurchmesser sich verhalten.

6) Bestimmung der Durchlässigkeit des Bodens für Luft.

Diese gesetzmässigen Beziehungen müssen durch Arbeiten mit einfacherem Material noch weiter klar gestellt werden; vorläufig können durch die beschriebene Methode wenigstens relative Werthe erhalten werden. — Auch im gewachsenen, natürlichen Boden ist eine Bestimmung der Permeabilität für Luft möglich mittelst des oben beschriebenen Apparates, der zur Messung des Porenvolums im gewachsenen Boden dient. Nur entstehen hier Schwierigkeiten durch den verschiedenen Feuchtigkeitszustand des Bodens, der wiederum von sehr ungleichem Einfluss ist je nachdem der Boden grob- oder feinkörnig ist; derselbe Wassergehalt wirkt bei ersterem nur in geringem Grade herabsetzend, während der letztere Boden völlig undurchlässig werden kann. — Auch in dieser Richtung müssen weitere Versuche zur Präcisirung der Methode angestellt werden.

Bestimmung im gewachsenen Boden.

Ein Condensationsvermögen des Bodens für Wasserdampf besteht in zweifacher Beziehung. Einmal kann der kältere Boden durch Abkühlung wärmerer eindringender Luft, die mit Wasserdampf nahezu gesättigt war, eine Ausscheidung von flüssigem Wasser bewirken, und zwar in um so stärkerem Grade, je grösser die Temperaturdifferenz

7) Bestimmung des Condensationsvermögens des Bodens für Wasserdampf.

Condensation durch niedere Temperatur. zwischen Boden und Luft und je höher der Feuchtigkeitsgehalt der letzteren ist. Andererseits zieht auch Boden, der ganz gleiche Temperatur hat wie die umgebende Luft, aus dieser Wasserdampf an und verdichtet ihn auf seiner Oberfläche. Die letztere Condensation tritt aber nur ein, wenn der Boden völlig trocken und frei von der Wasserdampfatmosphäre ist, die ihn fast stets umgiebt; in der Natur kommt diese Art von Condensation daher nur selten, höchstens in den oberflächlichsten, gänzlich ausgetrockneten Bodenschichten vor. — Im Uebrigen hängt die Intensität der Condensation — wie bei jeder Adhäsionserscheinung — von der Grösse der Oberfläche ab; bei einem feinkörnigen, namentlich thon- und humushaltigem Boden wird sie daher ungleich erheblicher sein, als bei grobem Kies- oder Sandboden. — Eine einfache Methode zur Bestimmung des gesammten Condensationsvermögens des Bodens ist nicht anwendbar, da Temperatur des Bodens und der Luft, Wasserdampfgehalt der Luft und Feuchtigkeit des Bodens dabei von Einfluss sind und sämmtlich Berücksichtigung erheischen. Es ist daher vorläufig zweckmässiger, das Condensationsvermögen des speciellen Bodens nur nach der Korngrösse abzuschätzen; eine genauere Bestimmung erscheint ausserdem im hygienischen Interesse nicht erforderlich.[9]

Condensation durch Flächenanziehung.

Schwierigkeiten einer Methode zur Bestimmung der Condensation.

8) Bestimmung des Einflusses des Bodens auf die Wasserverdunstung.

In einem gewissen Gegensatze zu der wasseranziehenden Kraft des Bodens steht sein Einfluss auf die Wasserverdunstung. Auch diese ist von einer grossen Reihe von Factoren abhängig; die klimatischen Verhältnisse, die örtliche Lage wirken ebensowohl auf die Verdunstungsgrösse, wie die speciellen Bodeneigenschaften, und unter letzteren treten namentlich das Condensationsvermögen, die Wassercapacität und die capillare Leitungsfähigkeit, die Bodenwärme hervor. Das stärkere capillare Aufsaugungsvermögen ist z. B. die Ursache, dass feinkörniger, dichter Boden unter Umständen mehr verdunstet als ein grobsandiger, und dass ein Auflockern der obersten Bodenschicht die Verdunstung herabsetzt. — Bei der grossen Zahl wechselnder wirksamer Einflüsse sind Vergleichszahlen sehr schwer zu erhalten und von geringem Werth. Die Methode, um Bodensorten auf ihre Verdunstungsfähigkeit für Wasser zu prüfen, besteht entweder darin, dass man nur dünne Schichten zur Untersuchung zieht, die dann am besten in dem früher beschriebenen Morgenstern'schen Atmometer vorgenommen wird, — die so erhaltenen Resultate lassen sich aber durchaus nicht ohne weiteres auf die natürlichen Verhältnisse übertragen; — oder darin, dass man Gefässe nach Art der Lysimeter, mit Boden gefüllt, in die Erde eingräbt und den durch die Wasserverdunstung erlittenen Verlust zu bestimmen sucht. Auch diese Versuchsanordnungen stossen vorläufig auf so grosse Schwierigkeiten, dass einigermassen einwandfreie Bestimmungen bisher nicht vorliegen.[10]

Untersuchung durch Atmometer,

durch Lysimeter.

Unzulänglichkeit der Methoden.

Während für die Untersuchung der Condensation und Verdunstung des Wassers mittelst genauerer Methoden kein specielleres hygienisches Interesse vorliegt, sind die Erscheinungen der Absorption des Bodens für gewisse Substanzen gegenwärtig von besonderer Bedeutung. — Zunächst werden ebenso wie der Wasserdampf auch andere Gase vom Boden condensirt; und zwar ist diese Verdichtung theils durch chemische Processe, an denen hauptsächlich das Eisenoxyd und der Humus des Bodens betheiligt sind, theils durch Flächenattraction verursacht; letztere wirkt selbstverständlich um so energischer, je feiner die Bodentheilchen sind. Am beträchtlichsten ist die Condensation bei solchen Gasen, welche leicht ihren Aggregatzustand verändern und sich leicht zersetzen; Kohlensäure wird daher nur vom Eisenoxydhydrat in erheblicher Menge aufgenommen, während die Absorption durch Quarz etc. äusserst geringfügig ist. — Die Methode zur Analyse dieser Bodeneigenschaft besteht darin, dass Glasgefässe, den Liebig'schen Trockenröhren ähnlich, mit dem bei 110° getrockneten und gewogenen Boden gefüllt werden, und dass man dann die betreffenden Gase durch die Röhre und über den Boden hinwegströmen lässt, bis keine Gewichtszunahme der Apparate mehr eintritt. Auf gleichmässige Temperatur ist dabei genau zu achten; ausserdem sind auch die Ausschläge in der Regel so gering, dass sehr feine Waagen und sorgfältiges Arbeiten für diese Versuche unerlässlich sind. —[11]

9) Untersuchung der Absorptionskraft des Bodens.

a) Absorption der Gase.

Ausser den Gasen werden dann aber noch eine Reihe in Wasser gelöster Substanzen in eigenthümlicher Weise vom Boden absorbirt.

b) Absorption gelöster Stoffe.

Tritt ein Gemenge verschiedener chemischer Körper mit einem Boden in Berührung, so wird bekanntlich ein Theil derselben sehr zäh zurückgehalten und unterliegt im Boden den eingreifendsten Veränderungen, während andere Stoffe denselben völlig unverändert passiren. Hierbei sind nun zum Theil chemische Processe, Umsetzungen zwischen den Bestandtheilen des Bodens und den zugeführten Substanzen, im Spiel; und dann ist die Leistungsfähigkeit eines Bodens in dieser Richtung wesentlich abhängig von seiner chemischen Beschaffenheit. So ist die Absorption des Kali's, des Ammoniak's, der Phosphorsäure, gebunden an einen Gehalt des Bodens an wasserhaltigen Silicaten, und wird namentlich gross, wenn gleichzeitig Sesquioxydhydrate vorhanden sind; und es ist der chemische Vorgang dabei ungefähr in der Weise zu denken, dass beispielsweise für den Kalk kalkhaltiger Doppelsilicate Kali oder Ammoniak in das Silicat eintreten, während der Kalk an die Säure des zugeführten Salzes tritt. — Eine Untersuchung dieser absorbirenden Eigenschaft des Bodens wird demnach am besten mit einer genaueren chemischen Analyse, namentlich der Silicate, verbunden; und da dieselbe die Hülfsmittel eines Laboratoriums voraussetzt und bis jetzt nicht im hygienischen Interesse erforderlich scheint, kann betreffs einer genaueren Beschreibung der einschlägigen Methoden auf die unten angeführten Lehrbücher der agriculturchemischen Analyse verwiesen werden.[12] — Eine einfache Abschätzung des Absorptionscoëfficienten für gewisse Stoffe erhält man dadurch, dass man 125 gr des lufttrockenen Bodens mit je 500 cc einer $^1/_{10}$ atomigen Lösung von Chlorkalium, phosphorsaurem Natron etc. versetzt, 24

durch chemische Processe.

Untersuchung des Absorptionscoëfficienten für Kali etc.

Stunden unter häufigem Umschütteln stehen lässt und dann im Filtrat den Gehalt an den betreffenden Salzen feststellt. — Zur Prüfung auf Ammoniakabsorption mischt man 100 gr Feinerde mit 10 gr Kreide und 200 cc Salmiaklösung (1 gr Salmiak = 0,2616 gr = 208 cc Stickstoff in 208 cc Wasser gelöst, so dass 1 cc Lösung 1 cc Stickstoff enthält). Man lässt dann 48 Stunden stehen, schüttelt häufiger um, filtrirt 20—40 cc ab und bestimmt darin den Stickstoff mit Hülfe des Azotometers. Aus dem Resultat ist die gesammte Stickstoffmenge, die im Boden zurückgehalten war, zu berechnen. —

Absorption durch Flächenwirkung.

Neben der chemischen Absorption äussert dann aber der Boden auf manche Substanzen noch gewisse andere Wirkungen, bei denen keine Veränderung der Bodenbestandtheile selbst stattfindet, sondern die nur durch eine Flächenwirkung seitens der feinkörnigen Bodenpartikel hervorgerufen werden. Die chemische Constitution des Bodens ist dabei nicht von wesentlichem Belang; vielmehr zeigen auch Kohle, Platinschwamm, überhaupt jeder poröse, mit relativ grosser Oberfläche ausgestattete Körper die nämlichen Wirkungen. Nicht alle Substanzen bieten aber in gleicher Weise Angriffspunkte für diese Eigenschaft des Bodens; vielmehr scheinen es vorzugsweise nur Stoffe von hohem Moleculargewicht zu sein, die in merkbaren Quantitäten vom Boden zurückgehalten werden und dann daselbst unter dem Einfluss des Sauerstoffs und eventuell auch durch die Mitwirkung niederer Organismen einer tiefgreifenden Veränderung ihres Bestandes unterliegen. So ist es seit lange bekannt, dass Farbstoffe, Riechstoffe, Eiweisskörper, Fermente in solcher Weise im Boden zerstört werden; neuerdings ist eine grosse Reihe hygienisch interessanter Substanzen auf ihr Verhalten gegenüber der zurückhaltenden und zerstörenden Kraft des Bodens geprüft worden.[13] — Jedoch sind bisher vorzugsweise nur qualitative Versuche angestellt, während nur quantitative Methoden im Stande sind, die einzelnen Factoren, die bei jener complicirten Wirkung des Bodens in Betracht kommen, zu isoliren und den Grad ihrer Wirksamkeit zu bestimmen. Am besten sind noch diejenigen Veränderungen studirt, welche der Stickstoff aus stickstoffhaltigen organischen Verbindungen, z. B. Harnstoff, im Boden erfährt. Man findet, dass diese dort mehr weniger rasch in Salpetersäure und salpetrige Säure umgewandelt werden; man hat feststellen können, dass die Intensität dieses Processes abhängt von der Korngrösse und der kleinsten Wassercapacität des Bodens, von der Durchgängigkeit der Poren, von dem Grade des Luftzutritts, von einem bestimmten Wechsel der Durchfeuchtung, von der Temperatur, von der Belichtung, von der Concentration der Versuchsflüssigkeit, von der Anwesenheit organischer Substanz im Boden. Diese ausserordentlich vielseitigen Einflüsse erklären sich nur dadurch, dass bei dem Process der Nitrification eine Reihe von Einzelfactoren im Spiele sind; zunächst wirkt die Flächenanziehung und hält — je nach der Feinheit des Korns und wesentlich also nach dem Gehalt eines Bodens an Thon und abschlämmbaren Theilen — einen mehr weniger grossen Antheil von Stoffen zurück; daneben kommt der Einfluss des Sauerstoffs in Betracht, der durch gleichzeitige Verdichtung und innige Berührung oder vielleicht auch durch Ozonbildung energische Oxydation veranlasst; dazu gesellt sich in den meisten Fällen die Wirkung von Mikroorganismen, die durch ihre Lebensthätigkeit rascheste und vollkommene Zerstörung der assimilirten Stoffe bewirken und die nur bei einem gewissen Luft- und Feuchtigkeitsgehalt des Bodens die für ihre Fortentwicklung günstigen Bedingungen zu finden scheinen; endlich äussern im bepflanzten Boden noch die Wurzeln der Gewächse einen Einfluss auf die organische Substanz des Bodens, indem ein Theil derselben aufgesogen und in der Pflanze verarbeitet wird.[14]

Schwierigkeiten einer Methode zur quantitativen Best. der Bodenabsorption.

Da es nun sehr schwierig, wenn nicht unmöglich sein muss, alle diese wirksamen Factoren zu berücksichtigen und dadurch vergleichbare Versuchsbedingungen herzustellen, so wird eine Analyse des Bodens hinsichtlich seiner absorbirenden und zerstörenden Kraft über keine exacte Methode verfügen. Die Prüfung kann ungefähr in der Weise geschehen, dass Glasröhren von 3 bis 5 cm. Durchmesser, unten stark verjüngt und mit Kautschukschlauch und Quetschhahn verschlossen, mit dem Boden gefüllt werden; man giesst dann oben eine Lösung von Harnstoff, Harn von bestimmter Concentration u. dgl. auf, und untersucht die unten ablaufenden Filtrate auf einen etwaigen Gehalt an den ursprünglichen Stoffen oder an gebildeten Oxydationsprodukten. — Bei der Besprechung der Rieselanlagen werden derartige Untersuchungsmethoden noch weitere Berücksichtigung erfahren müssen.

Versuchsanordnung zur approximativen Abschätzung des Absorptionsvermögens.

Unter den physikalischen Eigenschaften eines Bodens spielen dann noch die Verhältnisse seiner Erwärmung eine hervorragende Rolle.

10) Untersuchung der Bodenwärme.

Die Bodenwärme kommt theils durch die vom Innern der Erde zugeleitete Wärme, theils durch chemische Processe zu Stande, die innerhalb des Bodens ablaufen; jedoch sind diese beiden Quellen so verschwindend gegenüber der dritten, dass sie in den meisten Fällen vernachlässigt werden können. Als maassgebend für die Bodentemperatur sind vielmehr nur die Sonnenstrahlung und die durch diese an der Erdoberfläche hervorgerufenen Wärmeerscheinungen zu betrachten. Demnach hängen die Wärmeverhältnisse eines Bodens ab vor allem von der Intensität der Bestrahlung, zu der die klimatischen Verhältnisse des Orts, der Grad der Bewölkung, die Feuchtigkeit der Luft etc. ebenso beitragen, wie die mehr weniger den Winden exponirte Lage des Bodens, seine Neigung gegen den Horizont etc. Dann aber sind es gewisse specifische Eigenthümlichkeiten des Bodens, welche die Wirkungsweise der Sonnenstrahlen und die Temperatur des Bodens bedingen. Dahin gehört zunächst das Absorptions- und Emissionsvermögen des Bodens, das sich in hohem Grade abhängig zeigt von der Farbe des Bodens, in geringerem Maasse von der Feinheit des Korns. Dann kommt die Wärmecapacität oder specifische Wärme des Bodens in Betracht; diese wird nicht erheblich verschieden gefunden bei den einzelnen Bodenarten, so lange dieselben im trockenen Zustand geprüft und so lange gleiche Volumina verglichen werden; dagegen ist der Wassergehalt von bedeutendstem Einfluss, da die Wärmecapacität des Wassers mehr wie 3 Mal so viel beträgt als die durchschnittliche specifische Wärme des Bodens. Die Wärmecapacität richtet sich daher im Wesentlichen nach dem Feuchtigkeitsgehalt des Bodens. Drittens ist das Leitungsvermögen für Wärme zu berücksichtigen; dasselbe ist am schlechtesten bei trockenem Humusboden mit reichlicher organischer Substanz und am besten im feuchten, nur wenig lufthaltigen Boden. —

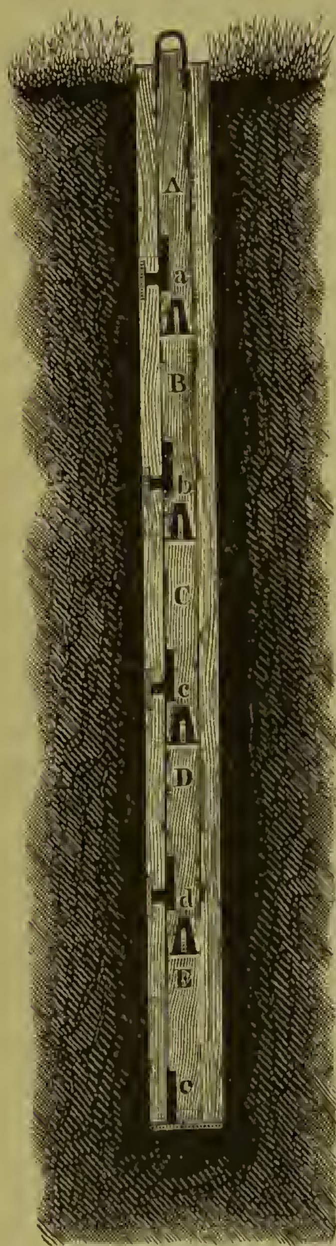
Eigenschaften des Bodens, die seine Erwärmung beeinflussen.

Die genannten Eigenschaften des Bodens werden nach den üblichen physikalischen Methoden ermittelt, die aber sämmtlich complicirtere Apparate und eine gewisse Uebung erfordern. Von einer eingehenden Beschreibung der Untersuchungsmethoden kann um so mehr abgesehen werden, als eine genaue Berechnung der Wärmeverhältnisse eines Bodens aus den obigen Eigenschaften meist nicht erforderlich ist. Eine an-

nähernde Schätzung derselben gewinnt man dagegen schon, wenn man die einflussreichsten der oben aufgezählten Factoren in Rechnung zieht. Am bedeutsamsten ist der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens; ausserdem, dass er die Wärmecapacität so erheblich steigert, ist noch der starke Wärmeverlust in Betracht zu ziehen, den der feuchte Boden durch Verdunstung erleidet; die Verdunstungsfähigkeit des Bodens wirkt daher neben dem momentanen Feuchtigkeitsgehalt auf die Temperatur des Bodens. Zu diesen weitaus wichtigsten Momenten gesellt sich dann noch der Einfluss der Farbe. — Jeder trockene Boden ist daher rascher und starker Erwärmung und Erkaltung fähig, und um so mehr, je dunkler seine Farbe ist; feuchter Boden zeigt dagegen niedrige Temperaturen mit geringeren Schwankungen. —[15]

Hervorragender Einfluss der Feuchtigkeit und der Farbe des Bodens.

Fig. 50.



Bestimmung der Bodentemperatur.

Directe Messung der Bodentemperatur.

Anstatt aus derartigen Eigenschaften des Bodens auf seine Temperatur zu schliessen, hat man nun auch häufig — und oft gerade im hygienischen Interesse — die Temperatur des Erdbodens an einer bestimmten Stelle direct zu ermitteln gesucht. Sollen nur in ein und derselben Tiefe Beobachtungen gemacht werden und kommt es nicht auf extreme Genauigkeit an, so kann man in ein in den Boden eingesenktes Holz- oder Eisenrohr einfach ein unempfindliches Thermometer hinablassen, das längere Zeit den dort angenommenen Stand conservirt und sich deshalb noch nach dem Herausziehen ablesen lässt; am einfachsten benutzt man dazu ein gewöhnliches Thermometer, dessen Gefäss mit einer dicken Hülle von in Paraffin getränkter Leinwand umgeben ist. Ferner eignen sich für solche Beobachtungen Thermometer, die ein sehr grosses Gefäss mit beträchtlicher Quecksilber- oder Weingeistmasse haben; ihre Scala kann bis über die Bodenoberfläche hinaus verlängert werden, jedoch sind dann bei ihrer Ablesung besondere Correctionen erforderlich. Auch verschiedene der oben beschriebenen Maximum- oder Minimumthermometer oder endlich Thermoelemente lassen sich gut zur Messung der Bodentemperatur verwenden. — Meist aber kommt es darauf an, die Beobachtungen gleichzeitig auf verschiedene Tiefe zu

Vorrichtung zur Messung in derselben Bodentiefe.

u erstrecken; und für diesen Fall ist die von LAMONT eingeführte und und in Fig. 50 abgebildete Einrichtung die empfehlenswertheste.[16] Dieselbe besteht in einer Holzrinne, die in den Boden eingegraben ist; in diese passen übereinander 5 Holzstäbe von je etwa 4 Fuss Länge, deren jeder oben mit einem Griff versehen ist, an dem er leicht herausgehoben werden kann. Ausserdem hat jeder seitwärts bei a, b, c, d, e eine Einkerbung, in der ein unempfindliches Thermometer enthalten ist. Dieser Einkerbung gegenüber befindet sich jedesmal ein Loch in der Holzrinne, welches nach aussen, unmittelbar am Erdboden anliegend, mit einer kleinen Kupferplatte verschlossen ist; dadurch ist die Zuleitung der Bodentemperatur zum Thermometer vermittelt. Alle 24 Stunden, oder eventuell mehrmals täglich, werden die Stäbe der Reihe nach herausgehoben und so die Temperatur in den verschiedenen Bodentiefen abgelesen. — PFEIFFER empfiehlt statt der beschriebenen Vorrichtung Zinkröhren von verschiedener Länge, die neben einander in den Boden eingelassen und je mit einem unempfindlichen Thermometer beschickt werden; letzteres ist in das untere Ende einer Holzstange eingelassen, die mit Wülsten von Werg umwickelt wird, um eine Luftcirculation innerhalb des Rohrs unmöglich zu machen. — WOLLNY hat Glasröhren an Stelle der LAMONT'schen Holzrinne eingeführt, namentlich um ein Durchdringen von Wasser zu verhindern. — SCHÜRMANN empfiehlt folgende billigere Vorrichtung: Eiserne, 45 mm weite und unten mit massiver Spitze versehene Röhren sind in 6, 4 und 2 m. Tiefe in den Boden eingelassen. Die Thermometer sind dadurch unempfindlich gemacht, dass ihre Gefässe mit Paraffin umgeben sind; dann sind sie mittelst eines Korkes in ein oben und unten verschlossenes Glasrohr derart frei eingehängt, dass der Kork einen das Gefäss umgebenden Luftraum nach oben abschliesst; das den unteren Luftraum umschliessende Rohrstück ist noch mit dickem Kautschuckschlauch umhüllt, an dessen Ende ein Stück Plattenkautschuck angeschmolzen ist. So vorbereitete Thermometer verändern bei einer Temperaturdifferenz von 16° während 2—3 Minuten ihren Stand nur um 0.1°. — Zum Herablassen und Heraufziehen der Thermometer dient ein durch mehrere Gelenke verbundener, unten beschwerter Kupferdraht, der von Meter zu Meter und ausserdem dicht über dem Thermometer je eine Scheibe trägt, die aus übereinander gelegten, zwischen 2 Kupferplatten zusammengedrückten Zeugscheiben besteht und die Luftcirculation im Eisenrohr verhindert.[17]

Vorrichtungen zur Messung in verschiedenen Tiefen, von Lamont.

von Pfeiffer.

von Schürmann.

Es ist einleuchtend, dass die Resultate, die auf solche Weise an einem bestimmten Orte gewonnen werden, streng genommen nur für diesen Gültigkeit haben und nicht ohne weiteres auf grössere Strecken übertragen werden können. Namentlich auf bebautem Terrain, wo zu

Beschränkte Gültigkeit der erhaltenen Resultate.

den bedeutenden Verschiedenheiten, die in der Constitution des Bodens begründet sind, noch die Differenzen hinzukommen, die durch den Wechsel von Insolation und Schatten, durch die Pflasterung, durch die Wärmequellen innerhalb der Häuser etc. gegeben sind, ist es nicht statthaft die Temperatur, welche man an einer solchen Versuchsstation gefunden hat, als die Durchschnittstemperatur des oberflächlichen Städtebodens zu betrachten. Nur sorgfältigste Auswahl der Station und genaue Untersuchung des Bodens auf seine die Wärme beeinflussenden Eigenschaften gestatten weitere Ausdehnung der Ergebnisse.

Hygienische Bedeutung der physikalischen Bodenuntersuchung.

Hygienische Bedeutung der physikalischen Bodenuntersuchung. Die vorstehende ausführliche Besprechung der physikalischen Bodeneigenschaften ist dadurch gerechtfertigt, dass letztere möglicherweise in erheblichem Grade bei den Ursachen der Infectionskrankheiten betheiligt sind; von einigen Krankheitskeimen, wie dem Milzbrand- und Malariainfectionsstoff, ist die wesentliche Rolle, die der Boden bei ihrer Entstehung und Verbreitung spielt, nicht mehr zu bezweifeln; für viele andere ist eine ähnliche Mitwirkung höchst wahrscheinlich. In allen diesen Fällen wird gerade die physikalische Bodenuntersuchung darüber in erster Linie Aufschluss geben müssen, ob ein Boden zur Infection befähigt ist oder nicht. Von dem Porenvolum, der Porengrösse, der Capillarität etc. hängt die Bewegung der Luft und des Wassers im Boden ab; der Luft- und Wassergehalt bedingt wiederum grösstentheils die Bodenwärme, und diese Eigenschaften äussern sämmtlich einen Einfluss auf den Ablauf chemischer und biologischer Processe im Boden. Für erstere ist es von grösster Bedeutung, ob eine anhaltende Füllung der Poren mit Wasser und ein Abschluss der Luft besteht, oder ob gleichzeitig oder wechselsweise Luft und Feuchtigkeit zusammenwirken können; nicht minder sind die Lebensbedingungen organisirter Fermente an jene Eigenschaften des Bodens geknüpft. Ausser der Entwicklung fermentativer Processe ist dann aber weiter noch die Verbreitung der gebildeten Producte oder Keime von grösstem Interesse, und auch hier sind es wieder die Verhältnisse der Durchlässigkeit, der Durchfeuchtung des Bodens etc., die in erster Linie in Betracht kommen.

Beziehungen der physikalischen Bodeneigenschaften zur Entwicklung und Verbreitung von Fermenten.

Je näher die Aussicht rückt, dass die Infectionsstoffe selbst aufgefunden und charakterisirt werden, um so dringender wird die Nothwendigkeit, der physikalischen Bodenuntersuchung vollste Aufmerksamkeit zuzuwenden. Für die Hygiene liegt ja die Entdeckung der Krankheitskeime weniger im Bereich ihrer Aufgaben, als die Erforschung der Entstehungs- und Verbreitungsweise solcher Keime innerhalb der natürlichen Umgebung des Menschen; und eine solche Forschung hat die Kenntniss der physikalischen Bodeneigenschaften und die Möglichkeit zur Analyse

derselben mittelst exacter, brauchbarer Methoden zur unabweislichen Voraussetzung.

Wie oben gezeigt wurde, sind die Methoden der physikalischen Bodenuntersuchung zum Theil noch sehr wenig ausgebildet; in die hier bestehenden Lücken müssen in der nächsten Zeit zahlreiche ergänzende Arbeiten eingreifen und erst dann wird es möglich sein, die Bodenanalyse in der Weise zu formuliren, dass aus ihren Resultaten die Art und Weise erschlossen werden kann, in welcher gewisse chemische und biologische Processe in dem gegebenen Boden ablaufen. — Diejenigen unter den bisher gebräuchlichen Methoden, welche vorläufig am zweckmässigsten zu einer Orientirung über das physikalische Verhalten des Bodens verwendet werden können, finden sich am Schlusse dieses Abschnitts zusammengestellt.

Literatur. 1) Renk, Zeitschr. f. Biolog., Bd. 15, p. 205. — 2) Flügge, Beiträge zur Hygiene. Leipzig 1879. — Vgl. Lang, Wollny's Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturphysik, Bd. 1, p. 122. — 3) Wollny, Forschungen etc., Bd. 3, p. 17. — 4) Vgl. Wedding, Verh. d. Ver. zur Beförderung des Gewerbefleisses 1878. 104. — 5) Haberlandt, Wiss.-prakt. Untersuchungen auf dem Gebiet des Pflanzenbau's, 1. Bd. 1875, 2. Bd. 1877. — v. Liebenberg, Ber. aus dem landwirthsehaft.-physiolog. Laborator. d. Univ. Halle. — Mayer, Landw. Jahrb. 1874. — Klenze, Landw. Jahrb., H. 6.; ref. in Jahresber. f. Agrikulturchemie 1877, p. 47. — Treutler, Landw. Versuchsstationen, Bd. 14. — Heinrich, Biedermann's Centralbl. f. Agrikulturchemie 1877. 7. — Gilbert, Proc. of the Institution of Civil Engineers, Bd. 14. London 1876. — Johnson, Annual rep. of the Connect. agricult. Exper. Stat. for 1878.; ref. in Wollny, Forschungen, Bd. 2, p. 347. — 6) v. Liebenberg, Ueber den gegenwärtigen Stand der Bodenphysik, Wollny's Forsehungen, Bd. 1, p. 1. — Mayer, l. c. — Klenze, l. c. — 7) Pfaff, Zeitschrift f. Biol., Bd. 4, p. 249. — Woldrich, Zeitsehr. f. Meteorol. 1871, p. 98. — Gilbert, l. c. — Havenstein, Landw. Jahrb. 1878, p. 293. — 8) Renk, l. c. — 9) v. Liebenberg, l. c. — Volger, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1877, Bd. 21, H. 11. — Kritik in Wollny's Forschungen, Band 2, pag. 52. — 10) Pfaff, l. c. — Woldrich, l. c. — 11) Ammon, Wollny's Forschungen, Bd. 2, p. 1. — Scheermesser, Ueber die Absorption von Gasen durch Erdgemisehe, Jena 1871. — Döbrich, Annal. d. Landwirthsch. in Preussen 1868, p. 181. — Bretschneider, Der Landwirth, Jahrg. 8, 1872, p. 225. — Smith, Chem. News, 1879. — 12) Vgl. Wolf, Anleitung etc. Berlin 1875. — Fresenius, Anl. z. quantit. chem. Analyse, Kapitel: Analyse der Bodenarten. — Knop, die Bonitirung der Ackererde. Leipzig 1871. — Pillitz, Zeitschr. f. anal. Ch., Bd. 14, p. 55, p. 282. — Knop, ibid. Bd. 14, p. 241, Bd. 15, p. 171. — v. Bemmelen, Chem. Berichte 1878, p. 2228. — 13) Bronner, der Weinbau etc. Heidelberg 1836, p. 44. — Way, Journal of the Roy. Agric. Soc., Bd. 11 u. 15. — Vgl. Knop, Kreislauf des Stoffs, und Mayer, Lehrb. d. Agrikulturehemie, Bd. 2. — Lissauer, Landw. Versuchsstat. 1876. — Viert. f. ö. Ges., Bd. 8, p. 569. — Falk, Viert. f. ger. Med., Bd. 27, p. 83. — 14) Schlösing, Comptes Rendus, Bd. 77, 84, 85. — Soyka, Zeitschr. f. Biol., Bd. 14, p. 449. — 15) v. Liebenberg, Untersuchungen über die Bodenwärme. Halle 1876. — Pfaundler, Pogg. Ann., Bd. 129, p. 102. — Platter, Ueber die Wärmecapacität etc. Ann. d. Landw. in

Preussen, 1870, p. 52. — Littrow, Ueber die relative Wärmeleitung. Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. W., 1875, 2. Abth. — Wollny, Einfluss der Farbe des Bodens etc. Fortschritte, Bd. 1, H. 1. — Ueber den Einfluss der Exposition etc., ib. I. 4. — Ueber die Temp. d. Bodens etc, ib. II. 2. — Lang, Ueber die Wärmecapacität der Bodenconstituenten, Wollny's Fortschritte, I., p. 109. — Ueber Wärmeabsorption u. Emission des Bodens, ib. I., Heft 5. — 16) nach Müller, Kosmische Physik. Braunschweig 1875, p. 562. — 17) Delbrück, Zeitschr. f. Biol. 1868, p. 242. — Pfeiffer, Zeitsch. f. Biol., Bd. 7, p. 263. — Zeitschr. f. Epidem, I., 176. — Berl. klin. Woch. 1872, 15. Breitenlohner, Zeitschr. f. Meteor. 1872, 219. — Dorn, Zeitschr, f. Meteor. 1873, p. 113. — Wollny, Zeitschr. f. Meteor. 1875, p. 149. — Schürmann, Fleck's 2. Jahresber. p. 54. — v. Fodor, Viert. f. öff. Ges. 1875, p. 235. — Becquerel & Morin, Compt. Rend., Bd. 84, p. 515. —

III. Chemische und mikroskopische Untersuchung des Bodens.

Uebersicht der Methoden zur chemischen Boden-untersuchung.

Während im agriculturchemischen Interesse eine möglichst vollständige chemische Analyse des Bodens erforderlich ist, erstrecken sich die hygienisch wichtigen Untersuchungen nur auf einige wenige Stoffe. — Häufig ist — schon zur Vervollständigung der oben beschriebenen physikalischen Untersuchungsmethoden — der Wassergehalt eines Bodens der Analyse zu unterwerfen; in manchen Fällen interessiren gewisse Stoffe, welche im wässrigen Auszug des Bodens gefunden werden, da sich daraus Anhaltspunkte für die Beschaffenheit des Wassers gewinnen lassen, das in dem betreffenden Boden zu erwarten ist. Ausserdem aber wird die grösste Aufmerksamkeit auf die organischen Substanzen des Bodens gerichtet, weil man diese als nothwendige Grundlage jener chemischen oder biologischen Processe ansieht, welche die Ursachen gewisser Infectionskrankheiten zu bilden scheinen. Meistens erachtet man jedoch die verschiedenen organischen Stoffe des Bodens nicht gleichwerthig; sondern man hat bisher vorzugsweise diejenigen als gefährlich bezeichnet, welche sich durch leichte Zersetzbarkeit und hohen Stickstoffgehalt auszeichnen und gewöhnlich durch die Abfallstoffe des menschlichen Haushalts in den Boden gelangen.

Gesichtspunkte für die hygienische Analyse.

In diesem Sinne kann man dann entweder solche anorganische Stoffe zu bestimmen suchen, die constante Begleiter jener Abfallstoffe sind; dahin gehören namentlich das Kochsalz und die Salpetersäure; oder man analysirt die organische Substanz selbst. Die Summe der-

selben ergiebt sich aus dem Glühverlust; alsdann sucht man den Gehalt an organischem Kohlenstoff und Stickstoff zu bestimmen und wird aus dem Verhältniss dieser beiden einen Schluss ziehen können, ob die Hauptmenge der organischen Stoffe den C-reicheren Humusverbindungen oder den sogenannten Abfallstoffen von höherem N-gehalt zugehört.

Sämmtliche Analysen sind mit möglichst gleichmässigem Material anzustellen; bei einem Gehalt des Bodens an gröberen Partikeln ist die mechanische Analyse voraufzuschicken und nur die Feinerde zur Untersuchung zu verwenden. — Die erhaltenen Resultate sind auf lufttrockenen Boden zu berechnen. Ausführung der Analysen.

1) Wasserbestimmung. Etwa 20 gr der feuchten Erde werden zunächst in einer dünnen, circa 3 mm starken Schicht in einem flachen Gefäss ausgebreitet; dieses wird an einem vor Luftzug und Sonne geschützten Orte bei mittlerer Zimmertemperatur aufgestellt, bis erneute Wägungen nur noch sehr geringfügige Gewichtsschwankungen ergeben. Alsdann befindet sich der Boden im lufttrockenen Zustande. Um das nun noch zurückgehaltene hygroskopische Wasser zu bestimmen, lässt man 2—5 gr lufttrockener Erde 3—4 Tage im Exsiccator über concentrirter Schwefelsäure stehen; die Gewichtsdifferenz ergiebt den Wassergehalt. 1) Wasserbestimmung.

2) Untersuchung des wässrigen Bodenauszugs. 500 bis 1000 gr. Boden werden mit einer gemessenen Menge Wasser 48 Stunden unter häufigem Umschütteln in Berührung gelassen; dann wird ein Theil der Flüssigkeit abfiltrirt und mit dieser genau wie mit einem Trinkwasser verfahren. 100 cc werden bei 100° getrocknet und der feste Rückstand gewogen; in anderen Proben werden — eventuell nachdem sie durch Eindampfen concentrirt sind, — Kochsalz und Salpetersäure bestimmt. Ersteres sowohl wie die Nitrate sind so leicht in Wasser löslich, dass sie vollständig in den wässrigen Auszug übergehen. Die Details der Analyse s. im folgenden Abschnitt. Auch noch andere bei der Wasseruntersuchung übliche Methoden hat man auf den wässrigen Bodenauszug übertragen, so die Titrirung mit Chamäleon etc.; und als weitere Ergänzung hat man alkoholische und ätherische Auszüge des Bodens hergestellt und deren Rückstand bestimmt. Doch sind die gesuchten Stoffe durch Lösungsmittel unvollkommen extrahirbar und ausserdem geben alle diese Analysen nur wenig Anhaltspunkte für die hygienisch differente Natur eines Bodens. 2) Untersuchung des wässrigen Bodenauszugs auf Chlor, Salpetersäure, organische Substanz.

3) Glühverlust. 5 gr Boden werden in einer Platinschaale schwacher Glühhitze ausgesetzt. Da hierbei nicht nur die organische Substanz verbrennt, sondern auch die CO_2 der kohlensauren Alkalien und Erden entweicht, wird der Gewichtsverlust nur dann allein auf die organi- 3) Glühverlust.

schen Stoffe zu beziehen sein, wenn die CO_2 vor der zweiten Wägung wieder ersetzt ist. Dies geschieht durch mehrfaches Befeuchten mit kohlensaurem Ammoniak, und nachfolgendes schwaches Erhitzen; oder durch Zusatz reiner Oxalsäure, die man durch vorsichtiges Erwärmen zersetzt. — Vgl. übrigens die gleiche Methode bei der Analyse des Trinkwassers. —

4) Kohlenstoffbestimmung.

4) Kohlenstoff. 5 gr lufttrockene Feinerde wird im Kochfläschchen mit 20 cc Wasser und dann mit 30 cc concentrirter Schwefelsäure übergossen und erwärmt, bis alle CO_2 der Carbonate entwichen ist. Man lässt nun erkalten, wirft 5—10 gr grob gestossenes saures chromsaures Kali in das Fläschchen und verschliesst sofort mit einem Kork, der durch ein Glasrohr mit Vorlagen von Kalibimstein oder mit Röhren, die titrirtes Berytwasser enthalten, verbunden ist; alsdann wird längere Zeit bis nahe zum Sieden erhitzt. Die durch Oxydation der organischen Substanz gebildete CO_2 entweicht alsdann in diese Apparate und ihre Menge, aus der sich sofort die Menge des vorhanden gewesenen Kohlenstoffs ergiebt, wird durch Wägung oder Titrirung bestimmt.

5) Stickstoffbestimmung.

5) Stickstoff. 20—30 gr Feinerde werden in einem weiten Verbrennungsrohr mit Natronkalk verbrannt; das gebildete Ammoniak wird in titrirter Schwefelsäure aufgefangen. Die Details der Methode sind in jedem Lehrbuch der chemischen Analyse ausführlich beschrieben.[1] Bekanntlich wird der an Sauerstoff gebundene Stickstoff, z. B. der der Salpetersäure, durch Glühen mit Natriumhydrat nicht in Ammoniak übergeführt; dennoch werden bei der N-bestimmung des Bodens die Nitrate grösstentheils mit analysirt, da die organische Substanz des Bodens bei höherer Temperatur eine Reduction derselben veranlasst. Bei humusarmem Boden ist es zweckmässig, noch etwas Rohrzucker (etwa 0,5 gr.) dem Boden zuzusetzen, um einer vollständigen Reduction der Nitrate sicher zu sein.

Geringe hygienische Bedeutung und Fehlerquellen der chemischen Bodenanalyse.

Hygienische Bedeutung der chemischen Bodenanalyse. Bei der Besprechung der Trinkwasseruntersuchung wird ausführlicher auseinandergesetzt werden, dass die Bestimmung des Trockenrückstandes und der Nitrate keine Resultate ergiebt, die eine einheitliche Deutung zulassen. Die Kochsalzbestimmung wird zwar von diesem Einwand weit weniger betroffen, aber der Kochsalzgehalt des Bodens ist fast stets so ausserordentlich gering, dass keine Differenzen mehr erkannt werden können. — Der Glühverlust giebt völlig unsichere Resultate aus denselben Gründen, die für die nämliche Methode beim Trinkwasser Geltung haben. — Auch die C- und N-bestimmung geben keine befriedigenden Aufschlüsse, da das gleiche Resultat durch eine Menge in chemischer wie hygienischer Beziehung sehr verschiedenartiger Substanzen hervorgerufen werden kann; immerhin sind aber diese zu einem mehr qualitativen

Nachweis geeignet; und ein hoher Stickstoffgehalt und namentlich eine relativ hohe N-Ziffer gegenüber dem C-Gehalt zeigt in der Regel eine besonders hochgradige Verunreinigung des Bodens mit Abfallstoffen an. — Ob nun freilich ein solches Mehr oder Weniger an N-reicheren Substanzen für die Function des Bodens als eines Entwicklungsheerdes für Infectionsstoffe eine besondere Bedeutung hat, ist eine Frage, welche zweckmässiger im Zusammenhang mit ähnlichen kritischen Erörterungen im dritten und fünften Abschnitte besprochen wird.[2]

Mikroskopische Bodenuntersuchung.

Die mikroskopische Analyse des Bodens ist noch so gut wie gar nicht methodisch ausgebildet, obwohl sie zweifellos die chemische Untersuchung an hygienischem Interesse weit übertrifft. Es kann daher im Folgenden der Weg, welcher bei der mikroskopischen Prüfung eines Bodens einzuschlagen ist, nur flüchtig skizzirt werden. Mikroskopische Bodenuntersuchung.

Object der Untersuchung können entweder anorganische Bestandtheile des Bodens sein; hier interessiren dann namentlich die charakteristischen Krystallformationen solcher Körper, die, wie z. B. das Tripelphosphat, eine Verunreinigung des Bodens mit leicht zersetzlichen Stoffen documentiren. Jedoch kann eine solche Prüfung nur selten auf brauchbare Resultate rechnen, da die Krystallformen, die man im Boden findet, in der Regel zu verwischt und undeutlich sind, um mit Sicherheit diagnosticirt werden zu können. Ausserdem liefert die chemische Analyse derartige Nachweise weit sicherer und leichter. 1) Anorganische Bestandtheile.

Vegetabilische oder animalische Reste, sowie höher organisirte lebende Wesen haben gewöhnlich nur die Bedeutung mehr zufälliger Befunde. 2) Organische Reste.

Dagegen ist den Schizomyceten des — Bodens ebenso wie denen der Luft und des Wassers — vollste Aufmerksamkeit zuzuwenden. Unter diesen können pathogene Organismen, die für gewisse Krankheitsprocesse charakteristisch sind, zur Beobachtung gelangen; oder Pilzformen, welche gewisse Vorgänge der Gährung und Fäulniss zu begleiten pflegen; oder andere Arten, denen ein Einfluss auf die Nitrification und ähnliche Processe im Boden zugeschrieben wird; während endlich manche Organismen, die bei der Untersuchung gefunden werden, keine Function zu haben scheinen, der irgend ein hygienisches Interesse anhaftet. 3) Mikroorganismen. Verschiedene Formen derselben im Boden.

Es ist demnach klar, dass eine Differenzirung der in einem Boden gefundenen Organismen unerlässliche Bedingung für die Beurtheilung ihrer hygienischen Bedeutung ist; nicht jede beliebige Pilzform ist als eine schädliche anzusehen, sondern es ist erst durch die weitere Unter- Nothwendigkeit der Differenzirung.

suchung der Charakter der betreffenden Organismen festzustellen. Dazu reicht in den meisten Fällen die einfache mikroskopische Analyse nicht aus; sondern dem Mangel an morphologischen Merkmalen wird fast stets das physiologische Experiment zu Hülfe kommen müssen.

Prüfung auf momentan vorhandene Organismen.

Danach ergeben sich im wesentlichen 3 Wege für die mikroskopische Bodenuntersuchung. Zunächst kann geprüft werden, ob momentan Organismen im Boden vorhanden und nachweisbar sind. Zu dem Zweck wird eine Probe des Bodens unmittelbar am Orte der Entnahme in ein Gläschen mit sterilisirtem Wasser gethan, kurze Zeit geschüttelt, und dann wird ein Tropfen der Flüssigkeit direct mikroskopisch untersucht. Zuweilen finden sich alsdann gewisse charakteristische Formen; in den meisten Fällen aber wird kein bestimmter Anhaltspunkt für die Beurtheilung sich ergeben.

durch directe mikroskopische Untersuchung.

Man kann nun aber die im Boden vorhandenen Keime in günstigen Nährlösungen zu möglichst üppiger Entwicklung gelangen lassen. Eine Probe des Bodens wird in ein Glas mit sterilisirter Nährlösung gebracht; dieses setzt man einen Tag lang einer Temperatur von 30° aus und dann schmilzt man entweder eine Probe in eine mikroskopische Luftkammer ein, oder sucht erst durch fractionirte Cultur die einzelnen Pilzformen zu trennen. Letzteres geschieht, indem ein Tropfen des ersten Gemisches wieder in reine Culturlösung gebracht wird; man rechnet darauf, dass sich dann in dieser diejenigen Organismen am reichlichsten entwickeln, die in jenem Tropfen in grösster Zahl vorhanden gewesen sind; und man schliesst weiter, dass dies in der Regel dieselben Organismen sind, welchen im Rohmaterial event. eine pathogene Wirkung beiwohnt. Eine experimentelle Prüfung am Thier hat wo möglich die Identität der rein gezüchteten Pilzform mit der pathogenen zu erweisen; fällt das Resultat negativ aus, so sind die Versuche unter anderen Lebensbedingungen, mit anderer Nährlösung, bei verschiedener Temperatur etc. zu wiederholen. — Soll keine Differenzirung versucht, sondern nur ungefähr ein Maass der gesammten entwicklungsfähigen Organismen gefunden werden, so lässt man jede Bodenprobe, in stets gleicher Menge entnommen, kurze Zeit mit z. B. 20 cc sterilisirtem Wasser zusammen, schüttelt häufig und setzt dann 1 cc der Flüssigkeit zu einer gemessenen Menge Nährlösung. Nach 1—2 Wochen, wenn das Maximum der Trübung erreicht ist, misst man annähernd die Menge der Flocken in einem graduirten Reagensglas. — Die vielfachen der letzten Methode anhaftenden Fehlerquellen liegen auf der Hand. Gegen die vorerwähnten kann der Einwand erhoben werden, dass bei der Entnahme der Bodenprobe und beim Einfüllen in die sterilisirten Flüssigkeiten unvermeidlich Keime aus der umgebenden Luft mit eindringen müssen; jedoch wird

durch Anlage von Culturen und nachfolgende Untersuchung,

oder eventuell Messung der Menge von gebildeten Organismen.

Fehlerquellen dieser Methode.

hierdurch kaum eine Beeinträchtigung der Methode entstehen, wenn die Einfüllung an dem zu untersuchenden Orte selbst geschieht, da es nur selten auf eine strenge Scheidung der Keime im Boden und derjenigen Keime ankommt, die sich in den dem Boden zunächst befindlichen Luftschichten finden. —

Prüfung der Fähigkeit des Bodens, Organismen als Nährboden zu dienen.

Drittens kann man das Hauptgewicht nicht sowohl auf den Nachweis momentan vorhandener Organismen verlegen, sondern auf die Befähigung des Bodens, irgend welchen Pilzformen als geeigneter Nährboden zu dienen. In diesem Sinne lässt sich entweder der wässrige Extract des Bodens als Nährlösung für verschiedene Organismen erproben; oder der Boden bleibt vorläufig in seiner natürlichen Gestalt und wird nur durch Befeuchtung, höhere Temperatur, Luftzutritt, unter die für Entwicklung von Organismen günstigen Bedingungen gesetzt; erst dann wird Aufnahme der gebildeten Keime in Wasser und event. eine mikroskopische Messung ihrer Menge oder ihre qualitative Differenzirung versucht.

Schwierigkeit u. hygienische Bedeutung der mikroskopischen Bodenuntersuchung.

Die Bedeutung solcher mikroskopischen Bodenanalysen für die Hygiene ist zweifellos eine sehr grosse. Das Aufsuchen und Trennen der vorhandenen Pilzformen stösst zwar zur Zeit auf sehr grosse Schwierigkeiten, ist aber bereits mehrfach mit angeblichem Erfolg ausgeführt worden; in der Methode der Prüfung eines Bodens auf seine Disposition zum Culturboden für Organismen ruht dagegen die Entscheidung über die zur Zeit so wichtige Frage nach der Bedeutung der sogenannten Abfallstoffe im Boden. — Ausser der Befähigung zur Entwicklung von Keimen ist dann weiter noch die Möglichkeit zur Verbreitung derselben im Boden und vom Boden aus in die Luft in Untersuchung zu ziehen; auch hier wird wiederum eine Kenntniss der physikalischen Verhältnisse des Bodens unerlässliche Bedingung für ein erfolgreiches Studium sein.[3] —

Literatur. 1) Vgl. Fresenius, Anl. zur quantitat. Analyse. — E. Wolff, Anleitung. — Grandeau, Handbuch für agriculturchemische Analysen, Berlin 1879. — Knop, Methode zur chemischen Analyse der Ackererden, Landwirthsch. Versuchsstat. Bd. 17. — Zeitschr. f. anal. Ch. Bd. 13, p. 88. — A. Müller, Journ. f. prakt. Chem. Bd. 98, 1. — 2) Vgl. Wolffhügel, Zeitschr. f. Biol. Bd. II, p. 459. — Fleck, 5. Jahresber. über d. Medicinalwesen i. Königr. Sachsen, p. 151. — Flügge, Beiträge zur Hygiene, Leipzig 1879. — 3) Vgl. Birch-Hirschfeld, 5. Jahresber. üb. d. Med. i. K. Sachsen, p. 183. — Klebs u. Tommasi-Crudeli, Arch. f. exper. Path. Bd. 11, p. 311.

IV. Untersuchung der Bodenluft.

Untersuchung des physikalischen Verhaltens der Bodenluft.

Die Untersuchung der Bodenluft hat sich zunächst auf die Bewegungen derselben zu erstrecken, welche theils im Boden vor sich gehen, theils ein Heraustreten der Bodenluft über die Erdoberfläche und eventuell in die Wohnhäuser bedingen. Sodann ist das chemische und mikroskopische Verhalten der Bodenluft einer Analyse zu unterziehen.

Abhängigkeit der Bodenluftschwankungen

Die Bewegungen des Luftmeeres unter unseren Füssen sind erst in letzter Zeit mit grösserer Sorgfalt studirt, und zwar hat man gefunden, dass ein Verschieben der Bodenluft namentlich in vertikaler Richtung unter folgenden Einflüssen geschicht:

von den Barometerschwankungen.

1) Entsprechend den Barometerschwankungen. In dem Maasse, wie der Luftdruck geringer wird und somit mit vermindertem Gewicht auf der Bodenluft lastet, muss die letztere sich nach oben ausdehnen und über die Bodenoberfläche erheben. Die absolute Menge der in die äussere Luft übertretenden Bodenluft wird abhängen von der Grösse des Barometerfalls und von der Höhe der Bodenluftschicht; je beträchtlicher diese und je weiter also die Entfernung von der Bodenoberfläche bis zum Grundwasserniveau ist, um so grösser wird bei gleicher Druckschwankung der Bruchtheil Bodenluft ausfallen, der zu Tage tritt (Vogt).[1] Ein Sinken des Barometers fällt sehr oft zusammen mit dem Eintritt höherer Lufttemperatur, und in so fern wird bei wärmer werdendem Wetter häufig jene nach oben gerichtete Bewegung der Bodenluft stattfinden. — Geringere Druckdifferenzen werden durch die täglichen Variationen in der Temperatur der oberen Bodenfläche und der unteren Schichten der Atmosphäre gesetzt; sie müssen zu einem nicht so ergiebigen, aber ebenfalls häufigen Austausch der Bodenluft mit der äusseren Luft führen, sobald letztere unter die Temperatur der tieferen Bodenschichten abgekühlt wird. — Ausserdem erzeugen wir noch in unseren Wohnungen während der Heizperiode eine Luftdruckverminderung, die ebenfalls zum Theil durch eine Ausdehnung der unter dem Wohnhause gelegenen Bodenluft ausgeglichen werden kann; indess muss die Menge der hierdurch ins Haus übertretenden Bodenluft wesentlich abhängig sein von den Widerständen, die dem Eintritt der Luft durch die Sohle des Hauses entgegenstehen, und in der Mehrzahl der Fälle wird jene Druckdifferenz zum weitaus grössten Theile durch die leichter passirbaren Undichtigkeiten der Wände, Fenster und Thüren unserer Wohnungen sich ausgleichen.

von Temperaturdifferenzen.

von den Winden.

2) Als zweiter unter Umständen sehr wirksamer Motor sind die Winde anzusprechen, die je nach ihrer Stärke und Richtung und nach der Durchlässigkeit der Bodenschichten ein mehr weniger ergiebiges Auswaschen des Bodens bewirken. Dabei kommt sehr viel auf die Neigung der Windrichtung gegen die Horizontale an; eine aufwärts oder abwärts gerichtete Strömung wird sehr verschiedenen Effect auf die Bodenluft haben. Stehen dem Winde Hindernisse entgegen, z. B. Strassenzüge, so wird er da, wo er auftritt, eine stark pressende, an der anderen Seite dagegen eine saugende Wirkung äussern; auf diese Weise kann an der einen Stelle der Austritt der Bodenluft gehindert werden und gleichzeitig in benachbarten Strassentheilen

eine heftige Ausströmung von Bodenluft stattfinden. Ferner wird ein abwärts gerichteter, drückender Wind eine lebhafte Erhebung der Bodenluft innerhalb der Häuser veranlassen, da nur an diesen Stellen der Druck des Windes nicht auf dem Boden lastet; während umgekehrt eine aufwärts gerichtete Strömung eine absaugende Wirkung auf das Wohnhaus üben muss. — Wie schon früher (pag. 62) erwähnt, existiren zur Zeit leider noch keine Methoden zur Messung der von der Horizontalen abweichenden Windrichtung.

3) Einen bedeutenden Einfluss übt ferner die Wasserbewegung im Boden. Zunächst wird jeder Regenfall eine entsprechende Menge Bodenluft verdrängen; ebenso muss ein Steigen des Grundwassers eine Aufwärtsbewegung der Bodenluft veranlassen. Da die Niederschläge gewöhnlich gleichzeitig die Poren der Bodenoberfläche verschliessen und so ein Abströmen der verdrängten Luft verhindern, werden in vielen Fällen wiederum die Wohnhäuser als Auslass für die Bodenluft dienen müssen und um so mehr von derselben passiren lassen, je ausgedehnter der Verschluss der Poren und je reichlicher die Niederschlagsmenge ist. von den Niederschlägen.

4) Endlich wird noch ein Austausch der Bodenluft und der Atmosphäre durch Diffusion stattfinden; jedoch wird derselbe relativ gering ausfallen und höchstens einzelne Bestandtheile, wie z. B. die Kohlensäure, in höherem Maasse betreffen. von Diffusionsvorgängen.

Die geschilderten Factoren werden sich nun nicht bei jedem Boden gleich einflussreich zeigen. Je nach der Durchlässigkeit, dem Verhalten des Bodens zum Wasser etc., werden vielmehr bedeutende Differenzen hervortreten; in grobem Kiesgeröll wird der Einfluss der Winde überwiegen, während der Regen keinen oder nur einen vorübergehenden Verschluss der Poren hervorzubringen vermag; feinkörniger Boden wird bei der Durchfeuchtung vollständig impermeabel, während er dem Eindringen der Winde bedeutenden Widerstand entgegensetzt. Verschiedenheit dieser Einflüsse bei verschiedenem Boden.

Demnach wird womöglich eine directe Beobachtung der Bodenluftschwankungen stattfinden müssen. Die dazu anwendbaren Methoden sind folgende: Beobachtung der Schwankungen

Am einfachsten versucht man die Schwankungen zu beobachten mit Hülfe von Manometern. Eiserne oder bleierne Rohre werden in verschiedene Tiefen in den Boden eingelassen und dann ihr oberes freies Ende durch einen Kautschuckschlauch mit einem U-förmigen Glasrohr verbunden, das zur Hälfte mit Wasser oder besser mit Petroleum gefüllt ist. Aus der Niveaudifferenz zwischen beiden Schenkeln ergiebt sich der positive oder negative Druck der Bodenluft, falls man sicher sein kann, dass nicht Temperaturunterschiede und Wasserdampfcondensation innerhalb des Rohrs auf das Manometer eingewirkt haben. 1) mit Manometern.

Meistens erhält man jedoch auf diese Weise nur minimale, zur exacten Beobachtung ungeeignete Ausschläge; man verwendet daher zweckmässig die oben (pag. 59) beschriebenen Differentialmanometer, welche weit geringfügigere Schwankungen kenntlich machen. Ausgedehntere Versuchsreihen, die mit Hülfe dieses Instrumentes angestellt sind, werden vermuthlich werthvolle Aufschlüsse über die einzelnen be- 2) mit Differentialmanometern.

wegenden Factoren der Bodenluftschwankungen und das Maass ihrer Wirksamkeit geben.

3) durch Beobachtung der CO_2 der Bodenluft.

Eine andere Methode, um das Verhalten der Bodenluft zu ermitteln, könnte darin bestehen, dass man einen charakteristischen chemischen Bestandtheil derselben zu verfolgen sucht. Wäre z. B. die Kohlensäure in der Luft eines Bodens in constanter Menge, dagegen in der übrigen Atmosphäre gar nicht oder nur in Spuren enthalten, so würde man aus dem Grade der Verbreitung der CO_2 ein Maass für die zu Tage getretenen Bodenluftmengen gewinnen können. Wie unten gezeigt werden wird, ist jedoch eine solche Constanz des CO_2-Gehalts oder der CO_2-Production nicht vorhanden, und es wird daher die Aufgabe, die Bewegungen der Bodenluft an der Vertheilung zu CO_2 zu studiren, unmöglich zu lösen sein. — Vielleicht gelingt es noch eher, durch Einleiten anderer charakteristischer Gasarten einen solchen Einblick zu gewinnen (v. Fodor).[2]

Untersuchung des chemischen Verhaltens.

Die chemische Beschaffenheit der Bodenluft ist häufig eine von der Zusammensetzung der freien Atmosphäre erheblich abweichende und bedarf daher einer gesonderten Analyse.

1) Feuchtigkeit.

Was zunächst die Feuchtigkeit anbetrifft, so ist von vornherein anzunehmen, dass die Bodenluft stets mit Feuchtigkeit nahezu gesättigt ist, da der Boden mit Ausnahme der oberflächlichsten Schichten fast überall hinreichende Wassermengen enthält, die Luftbewegung durchschnittlich eine sehr langsame und die Verdunstungsbedingungen bei der grossen Oberfläche der Bodenkörner besonders günstige sind. Eine directe Bestimmung ist daher in den meisten Fällen erlässlich und die Wasserdampfmenge nach der Tab. 9a aus der Temperatur der betreffenden Bodentiefe zu entnehmen. — Die Analyse würde eventuell in der Weise zu erfolgen haben, dass in ein weiteres in den Boden eingesenktes Rohr ein dünnes mit Chlorcalcium gefülltes, gläsernes Absorptionsrohr herabgelassen und mit einer oben befindlichen Auslaufflasche in Verbindung gesetzt wird; die aufgenommene Wassermenge ist dann durch Wägung zu bestimmen und in Procenten des durchgesogenen Luftvolums auszudrücken. (Vgl. pag. 76.) Soll die relative Feuchtigkeit ermittelt und also die gefundene Wasserdampfmenge mit der Quantität verglichen werden, welche die Bodenluft entsprechend ihrer Temperatur bei voller Sättigung hätte aufnehmen können, so muss auf's sorgfältigste die Temperatur der Bodenluft an der Entnahmestelle berücksichtigt werden.

Berechnung.

Bestimmung durch Wägung.

Unzulässigkeit von Hygrometern.

Es ist nicht statthaft, das Absorptionsrohr im Arbeitsraum aufzustellen und die Luft von der zu untersuchenden Bodentiefe aus durch Röhren dorthin zu leiten. Die verschiedenen Temperaturen der Leitung bewirken dann stets bald Condensation

von Wasserdampf, bald neue Verdunstung des verdichteten Wassers, und dadurch werden die Resultate völlig unbrauchbar. — Noch fehlerhaftere Zahlen ergeben sich, wenn die Luft einem Hygrometer zugeführt wird, das nach Art des Daniell'schen construirt ist; man hat vorgeschlagen, dasselbe in einen Glasbehälter einzuschliessen, in den die Bodenluft aspirirt wird; diese bildet somit die das Instrument umgebende äussere Luft; es ist aber bekanntlich zur Erlangung correcter Resultate mit dem Hygrometer durchaus erforderlich, die Temperatur dieser umgebenden Luft auf's Genaueste festzustellen und alles zu vermeiden, was dieselbe alteriren könnte. Bei den oft sehr grossen Temperaturdifferenzen zwischen Bodenluft und Temperatur des Apparats ist es aber gar nicht möglich dieser Bedingung zu genügen. Nicht minder muss auch bei diesen Versuchen Condensation von Wasserdampf in den Zuleitungsröhren befürchtet werden.[3]

Die weitere chemische Analyse erfolgt genau nach den bei der Untersuchung der atmosphärischen Luft üblichen Methoden. Der Sauerstoffgehalt der Bodenluft ist häufig beträchtlich vermindert und dafür die CO_2 ausserordentlich vermehrt; mit Rücksicht auf diesen hohen CO_2-Gehalt ist es daher zuweilen nöthig, bei der quantitativen Analyse statt des Barytwassers Kaliapparate vorzulegen und so die CO_2 durch Wägung zu bestimmen (S. p. 122). — Auch Ammoniak, stickstoffhaltige organische Substanzen, Kohlenwasserstoffe etc. werden unter Umständen in der Bodenluft gefunden und nach den üblichen Methoden analysirt (S. pag. 149 ff.). 2) Sonstige chemische Analyse.

Eine mikroskopische Prüfung der Bodenluft hat zwar bereits in einigen Fällen gewisse positive Resultate ergeben; jedoch ist eine eigentliche Methode der Untersuchung erst noch auszubilden und an das für die mikroskopische Untersuchung der atmosphärischen Luft vorgezeichnete Verfahren anzuschliessen. Mikroskopische Untersuchung.

Bedeutung der Bodenluftuntersuchung. Die Beobachtung der Bewegung der Bodenluft, ihres Uebertritts in die Atmosphäre und in die Luft der Wohnhäuser ist von besonderem Interesse, sobald festgestellt ist, dass diese Luftströmungen häufig ein Vehikel für inficirende Keime bilden. Durch manche Beobachtungen, namentlich in Bezug auf Malaria, ist dies allerdings wahrscheinlich gemacht, und eine grosse Reihe von eigenthümlichen Erscheinungen im Auftreten der Infectionskrankheiten würde durch diese Annahme ihre Erklärung finden. Andererseits spricht gegen den Transport von organisirten Keimen durch die Bodenluft die Thatsache, dass — soweit unsere jetzigen Erfahrungen und Beobachtungen reichen — nur flüchtige Substanzen mittelst derartiger Luftströmungen aus dem Boden fortbewegt werden können, dass dagegen feste Körper und selbst kleinste Organismen schon durch eine kurze Säule von Erdboden abfiltrirt und zurückgehalten werden. Es muss weiteren Forschungen vorbehalten bleiben, diese Widersprüche zu lösen und die Bedeutung der Bodenluftschwankungen klar zu stellen. Bedeutung der Bodenluftschwankungen, und Beziehung zur Verbreitung der Infectionskrankheiten.

Bedeutung der chemischen Untersuchung u. speciell der CO_2-Bestimmung.

Die chemische und mikroskopische Analyse hat ähnlich wie die Analyse der atmosphärischen Luft in erster Linie die vorläufig wenig aussichtsvolle Aufgabe, etwa krank machende Agentien aufzufinden und ihre charakteristischen Merkmale festzustellen. Daneben aber ist namentlich der CO_2-Bestimmung noch eine besondere Bedeutung in dem Sinne zugeschrieben, dass ihre Resultate als Ausdruck der Verunreinigung des Bodens mit zersetzlichen Abfallstoffen angesprochen werden dürfen. Nur in den seltensten Fällen kann jedoch die CO_2 die Rolle eines solchen Symptomes spielen. Denn die CO_2menge, die in der Bodenluft gefunden wird, hängt einerseits ab von der Production von CO_2 im Boden, andererseits von den Verhältnissen ihrer Verbreitung in der Bodenluft. Auf die Production wirkt zwar in gewisser Weise die Menge der im Boden aufgehäuften organischen Substanz; aber ausserdem die mehr oder weniger günstigen Zersetzungsbedingungen; so steigern z. B. Luftzufuhr und mässige Feuchtigkeit, dann aber namentlich die Bodenwärme jene Zersetzung der organischen Massen, die vielleicht zum grössten Theil durch niedere Pilze bedingt ist. Ausser der Verschiedenheit der Productionsbedingungen ist dann aber das weitere Schicksal der gebildeten CO_2 ein sehr wechselndes. In manchem, namentlich eisenreichem Boden wird starke Absorption stattfinden; ein anderer Boden ist so permeabel, dass unter dem Einfluss der Winde etc. stets starke Durchlüftung stattfindet und die CO_2 immer rasch fortgeführt wird; während im dichten Boden, dessen Poren namentlich bei stärkerer Feuchtigkeit sich völlig schliessen, ein Stagniren und Abkapseln der gesammten gebildeten CO_2 eintreten muss. Dazu kommen dann noch die zeitlichen Schwankungen: die Barometerbewegungen, die ein Auf- und Niederwogen des unterirdischen Luftmeeres bewirken und dadurch Luftschichten von anderem CO_2-Gehalt an Stelle der früheren treten lassen; die Niederschläge, die durch die Benetzung des Bodens mit Wasser einen Theil der CO_2 frei machen und so den Gehalt der Luft vermehren, die verschiedenen Winde, die im entgegengesetzten oder im selben Sinne ihren Einfluss geltend machen. — Aus Vergleichungen des CO_2-Gehalts der Bodenluft von verschiedenen Orten lassen sich somit keine Schlüsse auf die Wirkung eines einzelnen Factors ziehen; und auch zeitliche Differenzen derselben Localität werden erst einer Deutung zugänglich sein, wenn ein jeder der genannten Einflüsse besser in Rechnung gezogen werden kann.[4]

Einfluss verschiedener Factoren auf die Production und Verbreitung der CO_2.

Schwierigkeiten einer einheitlichen Deutung der CO_2-Befunde.

Literatur. 1) Vogt, Trinkwasser oder Bodengase, Basel 1874, p. 16. — 2) v. Fodor, Viert. f. öff. Ges. 1875, p. 226. — Fleck, 2. Jahresber. der chem. Centralstelle, p. 38. — Wolffhügel, Ber. d. 50. Naturf.-Vers. p. 355. — Staebe, Bodenventilation, Magdeburg 1873. — Ucke, Viert. f. öff. Ges. 9, p. 632. — 3) v. Fodor, l. c. p. 232. — Fleck, l. c. u. 3. Jahresber. — Pfeiffer, Zeitschr. f. Biol. Bd. 9, p. 243. — 4) v. Pettenkofer, Zeitschr. f. Biol. Bd. 7, p. 395. —

Bd. 9, p. 250. — Bd. 11, p. 381. — v. FODOR, l. c. — WOLFFHÜGEL, Ber. d. 50. Naturf.-Vers. p. 347. — Zeitschr. f. Biol. Bd. 15, p. 98. — SMOLENSKY, Z. f. Biol. Bd. 13, p. 383. — ROSENTHAL, Ber. d. 50. Naturf.-Vers. p. 346. — FLECK, 2., 3. u. 4. Jahresber. — LEWIS & CUNNINGHAM, 11. annual report of the Sanitary Comm. with the Gov. of India 1874. — NICHOLS, On the composition of the Ground atmosphere, Boston 1875. — Observations on the composition etc. Boston 1876, ref. von RENK in Viert. f. ö. G. 1876. — PORT, Bayr. ärztl. Intelligenzbl. Jahrg. 22, 9. — EBERMAYER, Ber. d. 50. Naturf.-Vers. p. 218. — J. MOELLER, Mittheil. a. dem forstl. Versuchswesen Oesterreichs I., ref. in Wollny, Forschungen I, p. 162. — Wollny's Forschungen, II. p. 329. — WOLFFHÜGEL, Bayr. ärztl. Intelligenzblatt, Jahrg. 26. Nr. 4 u. 5.

V. Beobachtung des Bodenwassers (Grundwassers).

Im Folgenden sollen nur die Lagerungsverhältnisse und die Bewegungen des Grundwassers im Boden und die zu ihrer Messung dienenden Methoden erörtert werden, während das chemische und mikroskopische Verhalten im Abschnitt „Wasser" abzuhandeln ist.

Als „Bodenwasser" oder „Grundwasser" im weiteren Sinne bezeichnet man jede unter der Bodenoberfläche befindliche, ausgedehntere Wasseransammlung, bei welcher die Poren des Bodens vollständig mit Wasser erfüllt und nicht etwa nur theilweise benetzt sind. *Definition von Grundwasser.*

In sehr vielen Fällen findet sich nur eine solche grössere Wassermasse im Boden, und zwar ruht dieselbe auf der zunächst unter der Oberfläche gelegenen undurchlässigen Bodenschicht. Die atmosphärischen Niederschläge durchsetzen den Boden, bis sie auf eine stark lehm- oder thonhaltige oder felsige Schicht treffen, die dem weiteren Herabdringen des Wassers ein Hinderniss bietet, und so kommt es auf dieser ersten undurchlässigen Etage zu einer Ansammlung von Wasser, welche man als Grundwasser im engeren Sinne bezeichnet.

Häufig ist indessen der oberflächliche Boden sehr unregelmässig zusammengesetzt und es finden sich in lockere, durchlässige Schichten Strecken von weniger durchlässigem Material eingelagert. Theils sind dieselben im Zusammenhang mit der darunter liegenden, ausgedehnteren undurchlässigen Schicht und stellen sich als ungewöhnliche plateauartige Erhebungen derselben dar; theils bilden sie Inseln von sehr verschiedener Ausdehnung und Mächtigkeit. Auf Ebenen, die ihrer Entstehung nach zum erratischen Diluvium zu rechnen sind, gehören solche Verhältnisse zu den gewöhnlichsten Befunden. Auch diese kleineren, oberflächlichen, undurchlässigen Schichten werden dann zu einer Ansammlung von Wasser Anlass geben, welches unter Umständen als Grundwasser imponiren kann; es wird sich aber durch geringere Masse und rascheres Versiegen während der trockenen Jahreszeit von den weit beträchtlicheren Wasserreservoiren auf der tieferen Etage unterscheiden. Man be- *Verschiedene Etagen von Grundwasser.*

Gelagertes und suspendirtes Wasser.

zeichnet solche begrenzte Ansammlungen als „Sickerwasser", „Seitenwasser" oder „suspendirtes" Wasser (im Gegensatz zu dem „gelagerten" der unteren Etage).[1] —

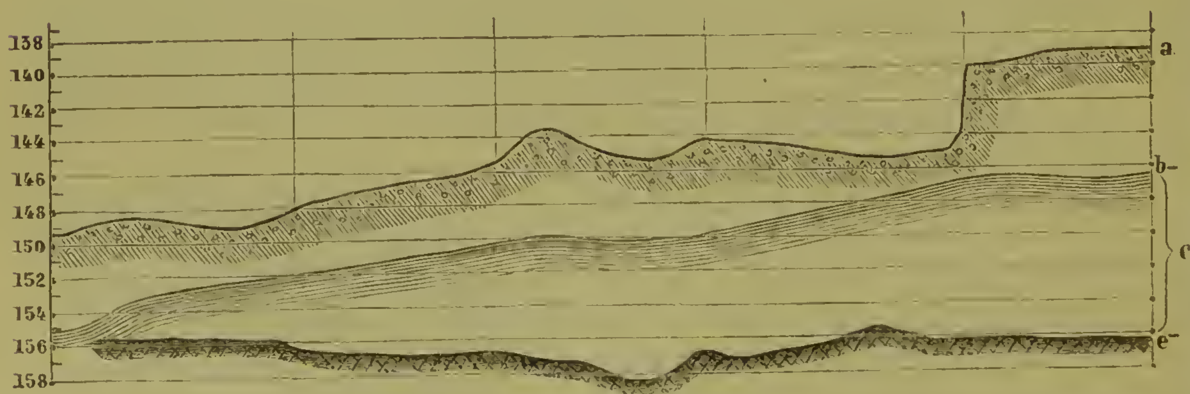
Drittens kommt nun auch der Fall vor, dass unter der ausgedehnten undurchlässigen Schicht ein Lager von Kies oder sonstigem durchlässigem Material folgt, das seinerseits von einer tieferen undurchlässigen Schicht getragen und so zur Ansammlung grösserer Wassermassen tauglich wird. Finden sich nun in der überliegenden undurchlässigen Schicht Spalten und Unterbrechungen, die an einigen Stellen ein weiteres Herabsinken des Grundwassers gestatten, oder ist jene Schicht nicht etwa völlig undurchlässig, sondern setzt nur dem Vordringen des Wassers aussergewöhnlich grosse Widerstände entgegen, so wird sich ein sog. „Untergrundwasser" (Virchow) ansammeln, welches nach Durchbohrung der ersten undurchlässigen Etage zu Tage treten kann.[2]

Untergrundwasser.

Das Grundwasser im engeren Sinne bildet bald einen stagnirenden See, bald bewegt es sich mehr oder weniger in horizontaler Richtung und gleicht dann mehr einem unterirdischen Strome. Die Geschwindigkeit seiner Fortbewegung hängt ab von dem Gefäll der undurchlässigen Schicht, von der es getragen wird, und in noch höherem Grade von der Durchlässigkeit der Bodenschichten, welche es beherbergen und je nach der Enge ihrer Poren seinem Vordringen sehr verschieden grosse Widerstände entgegensetzen. Im Allgemeinen folgt die Oberfläche des Grundwassers der Neigung der undurchlässigen Schicht. Diese zeigt nicht etwa eine ebene, allmählich abfallende Fläche, sondern enthält meistens Erhebungen und Senkungen von völlig unregelmässigem Charakter. In dieser Beziehung ist die undurchlässige Schicht der Bodenoberfläche ähnlich; aber sie correspondirt mit dieser nicht im mindesten; Thäler der einen können mit Bergen der anderen zusammenfallen; die Bodenoberfläche kann ansteigen, die undurchlässige Schicht absteigen, beide können also divergiren und so den Abstand des Grundwassers, das der undurchlässigen Schicht folgt, von der Oberfläche immer mehr erweitern; oder sie können convergiren, die oberflächliche Schicht kann an Mächtigkeit mehr und mehr abnehmen und schliesslich schwinden, und die undurchlässige Schicht kann mit dem Grundwasser

Verhalten der undurchlässigen Schicht, des Grundwasserniveau's und der Bodenoberfläche zu einander.

Fig. 51.



Profil der Bodenoberfläche (a), der Grundwasseroberfläche (b) und der undurchlässigen Schicht (e). Die Zahlen bedeuten den Abstand vom Münchener Stadthorizont in Metern.

zu Tage treten. (In Fig. 51 stellt a die Bodenoberfläche, e die undurchlässige Schicht dar; beide zeigen auch in diesem den Münchener Bodenverhältnissen entnommenen Beispiel fast nirgends Congruenz.)[3]

Das Zusammengehen des Grundwassers mit der undurchlässigen Schicht ist nun ebenfalls nicht etwa in der Weise zu denken, dass beide einander genau parallel gehen; vielmehr werden ähnlich wie in einem Flussbett Vertiefungen des wasserdichten Bodens vom Wasser ausgefüllt, stärkere Erhebungen bleiben frei; an der einen Stelle findet eine Anstauung, bei niederem Wasserstande eine Stagnation oder doch eine Verlangsamung der Bewegung, dort ein wasserfallähnlicher rascher Abfluss statt; bei mehr horizontaler Fläche wird das Fortschreiten bedeutend gehemmt, an stark geneigten Stellen tritt eine grössere Geschwindigkeit der Strömung hervor. Dabei ändern sich diese Verhältnisse je nachdem der Grundwasserstand hoch oder niedrig ist. Bei niedrigem Stande wird das Grundwasser in manchen Vertiefungen des Wasserbodens teichartig stagniren und manche unterirdische Erhöhung trocken lassen, wie es bei fallendem Hochwasser an überflutheten Inseln oder Kiesbänken der Fall ist. Bei steigendem Grundwasser dagegen werden Dämme überstiegen, andere Fluthrichtungen gewonnen, die Geschwindigkeit des Fliessens vergrössert sich und im Allgemeinen wird ein rascheres Erneuern des durchströmenden Wassers bewirkt. Häufig kann es daher den Anschein haben, als ob das Grundwasserniveau gar nicht durch den Verlauf der undurchlässigen Schicht bedingt sei (vgl. Fig. 51); in Wirklichkeit aber besteht eine solche Divergenz immer nur für begrenzte Strecken, während in entfernteren Hebungen oder Senkungen des Wasserbodens der Grund für die Abweichung gegeben ist.

Horizontale Fortbewegung des Grundwassers.

Die Geschwindigkeit der horizontalen Fortbewegung des Grundwassers ist unter allen Umständen eine äusserst geringfügige, da die engen Poren des Bodens selbst in grobkörnigstem Kies der Bewegung enorme Widerstände entgegensetzen. In dem lockeren Geröllboden München's hat man die Geschwindigkeit des Grundwasserstroms zu etwa 4 m in 24 Stunden, in den Elbdeichen zu circa $2^1/_2$ m in 24 Stunden bestimmt. An Orten mit lehmuntermischtem oder feinsandigem Boden ist dagegen die Horizontalbewegung überhaupt kaum wahrnehmbar; selbst bei stärkerer Neigung der undurchlässigen Schicht kann dort das Grundwasser als völlig stagnirend angesehen werden.

Vertikale Schwankungen des Grundwasserniveau's.

Ausser der horizontalen Fortbewegung des Grundwassers bestehen dann noch vertikale Niveauschwankungen desselben. Der Abstand zwischen Bodenoberfläche und undurchlässiger Schicht wird durch den Grundwasserspiegel in zwei Abschnitte zerlegt; und man kann dessen Auf- und Abwärtsschwankungen ebensowohl an seiner Entfernung von der Bodenoberfläche, wie auch an dem Abstand von der undurchlässigen Schicht messen. — Diese vertikalen Bewegungen des Grundwassers haben in den letzten Jahren besondere Beachtung gefunden. Sie sind nicht auf eine einheitliche Ursache zurückzuführen; sondern die Wassermasse des Grundwassers recrutirt sich in sehr wechselnder Weise und ihre aus dem Steigen oder Fallen des Niveau's erkennbare Vermehrung oder Verminderung erfolgt aus zeitlich und örtlich verschiedenen Quellen.

Ursachen derselben.

1) Atmosphärische Niederschläge.

Das wesentlichste Material der Grundwasserzuflüsse bilden allerdings die atmosphärischen Niederschläge. Aber der Grundwasserstand correspondirt nicht mit der absoluten Menge derselben; sondern nur ein Theil wird zur Bildung von Grundwasser verwandt, und dieser Antheil wird je nach der Art der Niederschläge und nach der Beschaffenheit des Bodens in weitesten Grenzen wechseln müssen. So sind die günstigsten Bedingungen für ein Eindringen des Regens bis zum Grundwasser gegeben, wenn ebener, durchlässiger Boden, von niedriger Temperatur, und von geringer Wassercapacität der oberen Schichten, von einem langsam aber anhaltend fallenden Niederschlag getroffen wird. Am geringsten wird dagegen der eindringende Bruchtheil dann sein, wenn das Terrain so stark geneigt ist, dass ein grosser

Theil des Niederschlags direct dem nächsten Flusslauf zufliessen muss, oder wenn ui durchlässige oberflächliche Schichten dem weiteren Vordringen ein unüberwindliche Hinderniss entgegenstellen und sumpfartiges Stagniren des Wassers veranlassen. – Ebenso wird nur eine sehr geringe Vermehrung des Grundwassers stattfinden könner wenn eine rasche Verdunstung des gefallenen Regens ermöglicht wird; dahin wirkt vo allem eine hohe Temperatur des Bodens, ferner z. B. heftige Winde u. dgl. Ferner fül ren reichliche Vegetation, sowie starke Bebauung und Bewohnung eines Terrains z bedeutenden Verlusten des in den Boden gelangenden Wassers. — Alle diese Eir flüsse äussern sich aber wieder in sehr verschiedener Weise je nach der Art de Niederschlags; bei kurzdauernden, wenn auch starken Regenfällen können sie bo wirken, dass absolut nichts bis in die tieferen Bodenschichten gelangt, während be anhaltendem mässigen Regen die Aussichten für eine Durchfeuchtung des Unte grunds in grösserer Tiefe ungleich günstiger sind (vgl. pag. 95). — So kommt es dass die Beziehungen zwischen Niederschlägen und Grundwasser örtlich und zeit lich sehr verschieden sind; in einem grossen Theil der norddeutschen Ebene, w dichterer, feinsandiger oder lehmiger Boden vorherrscht, kommt der Sommer- un Herbstregen als Quelle des Grundwassers überhaupt nicht in Betracht, da das Durch sickern so langsam von statten geht, dass bei der hohen Temperatur des Bodens un bei den meist kurz dauernden Regenperioden eine vollständige Verdunstung de aufgenommenen Wassermengen stattfindet; hier dringt nur der schmelzende Schne und anhaltender, auf kalten Boden auftreffender Frühjahrsregen langsam bis in di Tiefe des Grundwassers vor. — In Gegenden mit sehr lockerem Geröllboden wird dagegen eine viel innigere Beziehung zwischen Niederschlägen und Grundwasser stand zu constatiren sein und namentlich wenn anhaltende Sommerregen dort Rege sind, werden auch diese einen merkbaren Einfluss ausüben.

2) Wasserdampf-Condensation im Boden.

Ausser den Niederschlägen kommt noch als weitere Quelle des Bodenwassers die Condensation von Wasserdampf durch den Boden in Betracht. Es ist jedoch bereits oben darauf aufmerksam gemacht, dass dies nicht in Folge einfacher Flächenattraction der Bodenpartikel stattfinden kann, da hierzu vollständige Austrocknung der betreffenden Bodenschichten nothwendige Vorbedingung ist, sondern nur durch Temperaturerniedrigung. Nun ist es aber nur äusserst selten der Fall, dass der Boden erheblich kühler ist als die eindringende Luft; nur in den warmen Sommermonaten könnte eine Verdichtung aus solcher Ursache statthaben; auch dann aber ist die Differenz im Wassergehalt zwischen der gesättigten, aber etwas kühleren Bodenluft und der wärmeren Aussenluft mit circa 50—60 % relativer Feuchtigkeit zu gering, als dass grössere Mengen verdichtet werden könnten. So muss z. B. Luft von 21° und 50 % Feuchtigkeit bis unter 10° abgekühlt werden, damit Bildung von flüssigem Wasser beginnt. Ferner muss, wenn dieser Process in grösserem Massstabe vor sich gehen soll, ein ergiebiges Eindringen der äusseren Luft in den Boden ermöglicht sein; gerade in der wärmeren Jahreszeit aber fällt diese Bewegung weitaus am geringsten aus. — Es ist danach leicht zu berechnen, dass die Mengen von Wasser, welche zu gewissen begrenzten Zeiten durch Condensation im Boden entstehen und sich dem Grundwasser mittheilen können, nur äusserst geringfügig sind und gegenüber den anderweitigen Quellen des Grundwassers nicht in Betracht kommen.

3) Unterirdische Zuflüsse.

Eine bedeutende Veränderung der Grundwasserhöhe eines Ortes kann dagegen durch unterirdische Zuflüsse entstehen. Abgesehen von solchen Schwankungen, die auf einer Communication des Grundwassers mit tiefer nach dem Erdinnern zu sich erstreckenden Wassermassen beruhen, ist namentlich an allen solchen Orten, wo

die undurchlässige Schicht nicht eine ebene Fläche und das Grundwasser nicht einen stagnirenden See bildet, sondern wo ein starkes Gefäll, lockerer Boden und dementsprechend eine merkliche Fortbewegung des Grundwassers in horizontaler Richtung besteht, das Grundwasserniveau beeinflusst durch die von höher gelegenen Theilen nachrückenden Grundwassermassen. Steigt auf einem entfernteren Terrain das Grundwasserniveau durch besonders reichliche Zuflüsse von der Oberfläche her, so wird sich von dieser Stelle aus eine Art Fluthwelle allmählich nach den tiefer gelegenen Grundwasserpartieen vorschieben und auch hier eine Niveauerhöhung veranlassen. — Umgekehrt kann ein örtlicher starker Abfluss oder eine künstliche Entnahme von Grundwasser, oder aber ein Abschluss der natürlichen Zuflüsse eine Depression hervorrufen, zu deren Ausgleich auch entferntere, höhere Grundwasserstrecken mit herangezogen werden.

Locale Verringerung der Grundwassermasse.

Noch complicirter gestalten sich die Verhältnisse, wenn das Grundwasser in nächster Nachbarschaft eines Flusses beobachtet wird. In der Regel findet allerdings kein Zufluss zum Grundwasser vom Flusse her statt; fast jeder Fluss führt periodisch oder immer suspendirt Bodentheilchen, die ein allmähliches Verschlammen des Flussbetts bewirken. Die Regel ist vielmehr, dass zwischen Grundwasser und Fluss gar keine Beziehung besteht. Der Fluss liegt meist erheblich höher als der Grundwasserspiegel in seiner nächsten Nachbarschaft; aber das verschlammte Bett gestattet keinen Ausgleich dieser Niveaudifferenz, und das Grundwasser setzt seinen Lauf unterhalb des Flussbetts in derselben Richtung wie der Fluss fort. Zuweilen aber liegt das Grundwasser höher als der Flussspiegel und speist dann den sichtbaren Wasserlauf und verhütet ein vollständiges Verschlammen des Betts; und endlich kommt auch der Fall vor, dass der Fluss höher oder in derselben Ebene liegt wie das Grundwasser und dass durchgängige Partieen des Betts vom Flusswasser durchbrochen werden und zur Vermehrung des Grundwassers beitragen. Dies kann hauptsächlich nur dann geschehen, wenn durch Hochwasser ein Anschwellen des Flusses eintritt; alsdann ereignet es sich aber weit häufiger, dass nicht das Flusswasser sich in's Grundwasser ergiesst, sondern dass nur der natürliche Abfluss des Grundwassers in das Flussbett gehemmt, das Grundwasser also gestaut und so eine rückläufige Fluthwelle gebildet wird, die in derselben Weise sich an nahe dem Flusse gelegenen Beobachtungspunkten bemerkbar macht, als ob Flusswasser selbst in's Grundwasser eingedrungen wäre.[4]

4) Verhalten des Grundwassers in der Nähe von Flüssen.

Die methodische Beobachtung des Grundwassers im hygienischen Interesse erstreckt sich zunächst auf die Verhältnisse der Lagerung des Grundwassers innerhalb des Bodens; der Abstand des Grundwasserspiegels einmal von der Bodenoberfläche und dann von der unteren undurchlässigen Schicht werden gemessen, um hierüber eine Orientirung zu geben. Ferner interessiren vor allem die beiden in vertikaler und in horizontaler Richtung sich geltend machenden Bewegungen des Grundwassers. — Die Untersuchung der sonstigen physikalischen und chemischen Eigenschaften fällt mit der Untersuchung des Wassers überhaupt zusammen und wird daher im folgenden Capitel besprochen.

I. Beobachtung der Lagerungsverhältnisse des Grundwassers im Boden.

Die Messung des Abstandes des Grundwasserspiegels von der Bodenoberfläche oder auch kurzweg des „Grundwasserstandes“ [— unter „Wasserstand“ versteht man zwar gewöhnlich die Differenz zwischen Sohle des Brunnens und Wasserspiegel; erstere hat aber durch

a) Abstand des Grundwasserspiegels von der Bodenoberfläche.

das allmähliche Verschlammen der Brunnen eine sehr veränderliche Lag und eignet sich deshalb nicht zum Ausgangspunkt für eine Messung — geschieht am einfachsten an den gewöhnlichen Pumpbrunnen, die al vertikale Schachte in den Grundwasser führenden Untergrund eingebau sind, und in denen die Grundwasseroberfläche unmittelbar sichtbar wir sobald man den Deckel des Brunnenschachtes entfernt hat.

Messung an Brunnen.

Cautelen bei der Auswahl der Versuchsbrunnen.

Nicht immer ist jedoch der sichtbare Brunnenspiegel identisch mit dem natü lichen Grundwasserspiegel, z. B. in dem Falle, wo durch Pumpen der Brunne spiegel künstlich gesenkt ist. Wie bereits oben (pag. 184) ausgeführt wurde, häng es wesentlich von der Strömungsgeschwindigkeit des Grundwassers und von d Durchlässigkeit der umgebenden Bodenschichten ab, ob eine solche Depression d Brunnenspiegels leicht zu Stande kommt und sich langsam wieder ausgleicht, od ob der Zufluss zum Brunnenschacht so erleichtert ist, dass überhaupt keine merkba Senkung des Wasserspiegels eintreten kann. Daraus ergiebt sich, dass in dichte schwer durchlässigem Boden nur solche Brunnen zur Beobachtung des Grundwass spiegels gewählt werden dürfen, die gar nicht benutzt sind oder doch längere Zeit - 2 bis 6 Stunden — vor der Messung ve schlossen waren. Selbst bei Einhaltu solcher Cautelen wird in dichtem Bod eine gewisse Unsicherheit bezüglich d Resultate der Wasserstandsmessungen mö lich sein, weil durch andere stark benutz Brunnen, die in der Nähe des Versuch brunnens gelegen sind, eine Depression d Grundwassers auch auf grössere Streck hin bewirkt werden kann. Man wird dah in solchen Fällen zweckmässig von d Beobachtung an Brunnen ganz abstrahir und lieber besondere Rohre, die ledigli zur Beobachtung des Grundwasserstand dienen, an passend gelegenen Stellen den Boden einsenken. — Dagegen könn in lockerem Untergrund, z. B. in dem grob Kiesgeröll der Münchener Hochebene, u bedenklich Brunnen zur Messung benut werden, selbst wenn dieselben in Gebrau sind; denn dort ist es unmöglich, den natü lichen Wasserspiegel dauernd merkbar z senken. — Besteht über die Terrainb schaffenheit und die Zulässigkeit der B nutzung vorhandener Brunnen zur Grun wasserbeobachtung ein Zweifel, so ist nur nöthig, durch einige Versuche festz stellen, ob und wie viel der Brunnenspiegel durch etwa einstündige anhalten Wasserentnahme gesenkt wird.[5]

Messung an besonderen Standrohren.

Fig. 52.

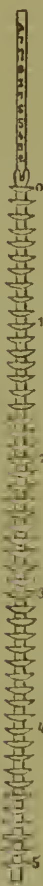
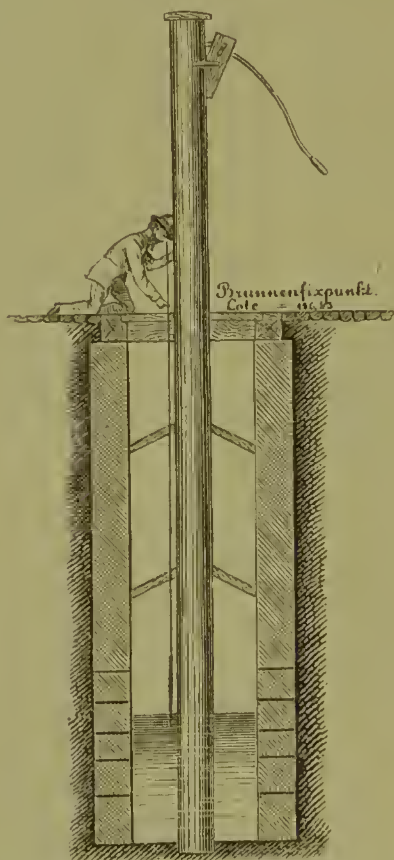


Fig. 53.



Messung des Grundwasserstandes.

Apparate zur Messung des Grundwasserstandes.

Die Messung des Abstandes des Grundwasserspiegels von der Bode oberfläche wird dann vorgenommen, indem man in das Wasser ein

Messschnur oder einen Massstab herablässt; an letzterem ist eine Vorrichtung angebracht, die genau den Punkt zu bestimmen gestattet, an welchem der Apparat die Wasserfläche berührt hat und von dem aus gemessen werden soll. Früher befestigte man zu diesem Zwecke einfach ein Stück lockeres Baumwollentuch am unteren Ende der Messschnur; nachdem das Instrument eingetaucht und wieder heraufgezogen war, mass man dann die Länge des nassen Baumwollenstreifens und zog diese von der gesammten gemessenen Länge ab.[6] — PETTENKOFER führte den weit vollkommeneren in Figg. 52 und 53 abgebildeten Apparat[7] ein. Derselbe besteht in einem Bandmaass, an welchem unten eine Reihe von kleinen Schälchen über einander in sehr geringem Abstand befestigt ist; die Strecke, welche bei einem Versuch in's Wasser eingetaucht war, markirt sich sehr scharf durch die Füllung der betreffenden Schälchen mit Wasser.

Aeltere Apparate.

Pettenkofer's Schaalenapparat.

Neuerdings werden auch viele Maassstäbe verwendet, die unten mit einem Schwimmer versehen sind; diese werden bis auf's Wasser herabgelassen und der Nullpunkt des Maasstabes fällt dann immer mit dem Grundwasserspiegel zusammen. Gegenüber dem Schalenapparat zeichnen sich diese Instrumente durch die Möglichkeit einer noch etwas genaueren Messung aus; dafür aber ist jener weit leichter transportabel und liefert immerhin genügend exacte Zahlen.

Instrumente mit Schwimmer.

Sollen an ein- und demselben Versuchsschacht häufigere Beobachtungen vorgenommen werden, so ist es zweckmässig, Vorrichtungen anzubringen, welche den Stand des Wasserniveaus stets unmittelbar abzulesen gestatten, ohne dass jedesmal eine besondere Messung erfolgen muss. Eine solche Vorrichtung ist z. B. in München an einigen Brunnen angebracht, und besteht dort in einer feingetheilten, senkrecht stehenden Skala, die oberhalb des Schachtes am Brunnenpfosten oder dgl. befestigt ist, und aus einer über eine Rolle gehenden Kette, deren unteres in den Schacht reichendes Ende einen aus Korkholz bestehenden Schwimmer trägt, und an deren anderem, nahe unterhalb der Rolle befindlichen Ende ein Gewicht befestigt ist. Letzteres ist durch ein zweites am Schwimmer hängendes Gewicht tarirt und ist mit einem wagerechten Zeiger verbunden, der sich durch das Fallen und Steigen des Wasserniveaus vor der Skala auf- und abbewegt und dessen jeweiliger Stand unmittelbar den Grundwasserstand angiebt.[8]

Feststehende Apparate zu häufigeren Beobachtungen an demselben Brunnen.

Selbstverständlich ist es nöthig, auch den Punkt der Bodenoberfläche genau zu bestimmen, von dem aus der Abstand des Wasserniveaus gemessen werden soll. Als solchen sogenannten „Fixpunkt“ wählt man bei Brunnen gewöhnlich die obere Kante der Brunnenvierung; um für spätere Messungen denselben Fixpunkt einhalten zu können, ist es zweck-

Markirung des Fixpunktes.

mässig, eine deutliche Marke in der Höhe der Bodenoberfläche anzubringen, z. B. ein Kreuz in die Brunnenvierung einzuschneiden oder dgl.

Gleichzeitige Messung an verschiedenen Brunnen.

Häufig soll indess nicht nur der Wasserstand eines einzelnen Brunnens beobachtet werden, sondern es wird eine Orientirung über die Lagerung des Grundwassers innerhalb eines grösseren Bezirkes angestrebt und daher die Kenntniss des gleichzeitigen Grundwasserstandes an mehreren Stellen gewünscht. Alsdann genügt es nicht mehr, den Wasserabstand von dem localen Fixpunkt jedes einzelnen Brunnens zu messen; denn man würde hierdurch nur dann ein Bild von der Gestaltung der Grundwasseroberfläche erhalten, wenn die Fixpunkte aller Beobachtungsbrunnen in einer Horizontalebene lägen. Da aber durch die verschiedenen Hebungen und Senkungen der Bodenoberfläche bald ein sehr grosser, bald ein geringer Abstand derselben vom Grundwasser bewirkt wird, selbst wenn letzteres eine durchaus ebene Oberfläche bildet, so ist es vielmehr nöthig, von einem gemeinsamen Fixpunkt aus die sämmtlichen Abstände des Wasserspiegels zu messen.

Nothwendigkeit eines gemeinsamen Fixpunktes.

Einnivelliren der Brunnenfixpunkte.

Dies geschieht dadurch, dass der Fixpunkt jedes Beobachtungsbrunnens auf einen anderen Punkt von bekannter Höhenlage einnivellirt wird. In jeder Stadt findet man Oertlichkeiten, deren Höhenlage über dem Spiegel der Nordsee, dem gemeinsamen Nullpunkt, bekannt ist, z. B. Flusswehre, Eisenbahnanlagen etc. Von da aus lässt sich die Höhenlage jedes Brunnenfixpunktes bestimmen; und zwar kann man einen vergleichbaren Ausdruck für die Grundwasserstände entweder dadurch bekommen, dass man den jedesmal gemessenen Abstand zwischen Wasserspiegel und Brunnenfixpunkt von der Höhenlage des letzteren über dem gemeinsamen Fixpunkt abzieht, und so also die Höhen des Grundwasserniveaus über einem gemeinsamen Nullpunkt erhält; oder aber gebräuchlicher ist es, statt eines unteren gemeinsamen Fixpunktes einen oberen anzunehmen und von diesem nach abwärts zu rechnen. So reducirt man in München alle derartige Messungen auf den dortigen Stadthorizont, der 145,93 m über dem unteren localen Hauptfixpunkt (eiserne Schwelle in der oberen Stufe des Hauptportales der Frauenkirche) liegt, und von ersterem aus werden die Coten nach abwärts gezählt.

Unterer und oberer Hauptfixpunkt.

b) Abstand der Grundwasseroberfläche von der undurchlässigen Schicht.

Ist in solcher Weise ein Bild über das Verhältniss der Grundwasseroberfläche zur Bodenoberfläche gewonnen, so ist es weiterhin oft wünschenswerth, auch die Mächtigkeit der Grundwasserschicht, also den Abstand des Wasserspiegels von der undurchlässigen Schicht kennen zu lernen, auf welcher das Grundwasser ruht. Die Situation dieser undurchlässigen Schicht ist nur bestimmbar durch Anlage von Bohrlöchern, mittelst derer man Proben der Bodenschichten heraufbefördert. An diesen Proben muss man das Aufhören der wasserführenden

Sand- oder Kiesschicht und das Anfangen des thonigen, lehmigen oder felsigen Untergrundes, der als Wasserboden dient, zu erkennen suchen; und unter gleichzeitiger Berücksichtigung der jeder Probe zugehörigen Bohrlochtiefe lässt sich so ein Einblick in die Lagerung des Wasserbodens gewinnen. Anlage von Bohrlöchern.

Um schliesslich eine übersichtliche Darstellung der erforschten Verhältnisse zu erhalten, ist es zweckmässig, die Resultate kartographisch zusammenzustellen. Auf einem genauen Plane des betreffenden Terrains bringt man zunächst die Oberflächengestaltung durch Isohypsen zur Anschauung, d. h. durch Curven, welche die Punkte gleicher Höhe verbinden; dann trägt man in anderer Farbe die Katanhydro-Isohypsen auf, d. h. Curven, welche die Punkte gleicher Höhe des undurchlässigen Wasserbodens verbinden; endlich drittens die Hypohydro-Isohypsen-Linien, welche durch die gleichzeitig gleichen Grundwasserstände gelegt sind. Allen Curven werden Zahlen beigefügt, welche den Abstand der betreffenden Punkte der Bodenoberfläche, der Oberfläche der undurchlässigen Schicht oder des Grundwasserniveaus von dem gemeinsamen oberen Fixpunkt (z. B. in München von dem, 145,93 m über dem unteren Fixpunkt gelegenen Stadthorizont) angeben. Kartographische Darstellung der Resultate.

So erhält man ein vollständiges und sehr anschauliches Reliefbild des tieferen Bodens. Man findet z. B. durch eine solche Darstellung leicht, ob das Grundwasser eine ebene Fläche bildet oder ein starkes Gefälle besitzt, ob es der undurchlässigen Schicht sich eng anschliesst oder ob durch Einlagerung begrenzter dichterer Bodenpartien bedeutende Ablenkungen stattfinden; ob es zur Bildung von Sickerwasser kommt, oder ob eine Anstauung des zum Fluss abfallenden Grundwassers stattfindet.

Für die Anlage von Bohrlöchern und für die Wasserstandsbeobachtungen ist in München die folgende Instruction festgesetzt.[9] Instruction für die Anlage von Bohrlöchern u. für Wasserstandsbeobachtungen.

I. Instruction für die Bohrversuche behufs Bestimmung der Tiefenlage des Wasserhorizontes und des wasserdichten Untergrundes von dem Stadtgebiete Münchens.

Die vorzunehmenden Bohrversuche haben den Zweck, genau die Tiefe zu ermitteln, in welcher unter der Geröllage die Wasser nicht durchlassende Tertiärschicht (in München der sog. Flinz, ein sandig-glimmerig-thoniger, graulicher Mergel), sich ausbreitet.

Vor allem ist deshalb in nächster Nähe des gewählten Bohrpunktes ein Normalpfahl in möglichst unverrückbarer Befestigung zu schlagen, dessen oberes Ende, wenn thunlich, mit der benachbarten natürlichen Oberfläche des Bodens (Garten, Wiese, Hof etc.) übereinzustimmen hat. Dieser Normalpfahl wird von den benachbarten genau in ihrem Niveau bestimmten Fixpunkten einnivellirt, um darnach die relativen Tiefen des Bohrloches zu bemessen.

Am Bohrpunkte selbst wird sodann ein Bohrschacht in Form eines gewöhnlichen Brunnenschachtes bis zur Tiefe, in welcher sich Wasser zu zeigen beginnt, abgetäuft, sodann die Bohrlöcher geschlagen und die Bohrung selbst nach derjenigen Methode begonnen, welche dem hierzu in Verwendung kommenden Bohrpersonal am geläufigsten ist. Bezüglich einer extra benöthigten Verrohrung wird die mit gutem Eisenblech als die zweckdienlichste sich empfehlen.

Die zu wählende Bohrlochweite richtet sich nach den für ähnliche Zwecke bereits disponiblen Bohrapparaten des städtischen Bauamtes.

Dieselbe darf aber in keinem Falle zu gering genommen werden wegen einer etwa nothwendig werdenden Verrohrung.

Während des Abtäufens des Bohrschachtes und des Bohrloches selbst, ist sorgfälltigt auf alle vorkommenden Erscheinungen sowohl in Bezug auf die durchtäufte Gesteinslage, ihren Wechsel und ihre Beschaffenheit, als auch in Bezug auf das beisitzende Wasser zu achten. Insbesondere ist

1. in den oberflächlichen Geröllagen genau zu bemerken und in das betreffende Bohrjournal einzutragen:

a) ob verschiedene Lagen groben oder feineren Gerölls mit einander wechseln,

b) ob, wie an einzelnen Stellen bekannt ist, nicht Zwischenlagen von Sand, erdigen Kalken oder von torfähnlichen Materien vorkommen. Uebrigens sind unter allen Umständen Proben der durchtäuften Massen in Abständen von ein zu ein Meter herauszunehmen, genau zu bezeichnen, aus welcher Tiefe sie stammen, und so gesondert in verschiedene Fächer bereit gehaltener Kästchen aufzubewahren. Die Bezeichnung würde beispielsweise lauten: Bohrprobe aus Bohrschacht (Bohrloch) Nr. . . . bei X Tiefe unter dem Normalpfahl.

c) In welcher Tiefe sich das erste Wasser zeigt und ob dieses Niveau gleich bleibt.

d) Um das oberste Niveau der Flinzschicht nicht zu übersehen, ist es nöthig an dieser vermuthlichen Grenze von 0,25 m zu 0,25 m zu löffeln und die Bohrprobe jedesmal genau auf etwa lettige Vermengung zu untersuchen. Auf die genaueste Bestimmung dieser Grenze ist alle Sorgfallt zu verwenden.

e) Zur grösseren Sicherheit ist, nachdem diese Grenze erreicht ist, noch 1 m tief in die Flinzschicht zu bohren.

f) Sobald sich die ersten Spuren einer thonigen oder mergeligen Beimengung im Bohrschrand zeigen, sind von jeder 0,25 m Bohrlochtiefe Proben zu nehmen und aufzubewahren.

Bei Bohrlöchern welche nicht dazu bestimmt sind, in ihnen Wasserstandsbeobachtungen zu machen, können, wenn ausführbar, die Röhrentouren wieder herausgenommen werden.

In jedem Falle ist der Bohrpunkt auf's Genaueste auf den Stadtplänen einzuzeichnen und das Niveau des dazu gehörigen Normalpfahls gegen benachbarte Fixpunkte miteinzutragen.

II. Instruction für die Wasserstandsbeobachtungen in den Brunnen Münchens.

1. An denjenigen Brunnen, an welchen Wasserstandsbeobachtungen vorgenommen werden, ist die Vorkehrung zu treffen, dass der Deckel des Brunnens oder (besser noch) ein Theil dieses Deckels bequem geöffnet werden kann, um mit dem Messapparat ins Innere des Brunnenschachtes und auf das Niveau des Wassers gelangen zu können.

Zu diesem Zweck ist es räthlich, auf Kosten dieser Untersuchung ein Charnier anzubringen und den beweglichen Theil des Brunnens verschliessbar zu machen.

2. Am Rande des Brunnens, am besten unmittelbar an der für die Messung bestimmten Oeffnung, ist ein unverrückbares Zeichen anzubringen, welches als Nullpunkt der Messung dient. Dieses Zeichen ist genau einzunivelliren und dessen Höhecote auf's Genaueste festzustellen.

3. Auf den Nullpunkt dieses Zeichens ist jedesmal die vorgenommene Wasserstandsmessung zu beziehen.

4. Der Wasserstand jedes einzelnen Brunnens, d. h. die Tiefe des Wasserspiegels unter dem Nullpunkte des Zeichens, ist mittelst eines eigens zu diesem Zwecke hergestellten Band-Messapparates auszuführen.

5. Dieses Bandmaass ist so eingerichtet, dass an dessen Ende ein System kleiner messingener Schälchen mit einem Abstand von 0,01 m angehängt werden kann, so dass das Niveau des obersten Schälchens den Anfangspunkt des Bandmaasses bezeichnet. Zu dem abgenommenen Bandmaasse werden dann noch so viele Centimenter addirt, als beim Einsenken in's Wasser Schälchen nicht mit Wasser gefüllt sind.

6. Da es sich bei diesen Messungen um Feststellung des möglichst gleichzeitigen Standes der Brunnenwasser an allen Punkten des Stadtgebietes handelt, so sind diese Messungen an einem oder an unmittelbar aufeinanderfolgenden Tagen zu bewerkstelligen, wenn thunlich durch eine Person.

7. Der Wasserstand ist in Centimeter anzugeben.

8. Auch wird jedesmal die Wassertemperatur mittelst eines in einem grösseren Glase befestigten 100 theiligen Thermometers bis auf $^1/_{10}$ Grade bestimmt.

9. Diese Messungen sind monatlich zweimal und zwar zu Anfang und Mitte jedes Monats vorzunehmen.

10. Bei aussergewöhnlich starken Meteorniederschlägen ist bei einzelnen dazu geeigneten Brunnen in mehreren aufeinanderfolgenden Tagen die Wasserstandsmessung vorzunehmen, um für die Bestimmung des rascheren oder langsameren Einflusses der Niederschläge auf den Stand der Brunnenwasser Anhaltspunkte zu gewinnen. Zu diesen Beobachtungen eignen sich Brunnen von sehr ungleicher Tiefe des Wasserstandes unter der natürlichen Oberfläche.

11. Jeder Beobachtungsbrunnen erhält eine laufende Nummer, und mit dieser wird derselbe im Beobachtungsjournal eingetragen und geführt.

In letzteres ist eine kurze Beschreibung des Brunnens, seine Umgebung, seine Gebrauchs- und etwa bemerkenswerthen Verhältnisse, insbesondere auch die Höhencote des Messungszeichens einzutragen.

12. Besondere Beobachtung ist dem Umstande zu widmen, dass der Beobachtungsbrunnen ziemlich gleichmässig benutzt wird. Eine Aenderung in dieser Richtung, etwa eine eingetretene Benutzung zur Kesselspeisung, zu Brau- oder Fabrikzwecken ist zu beobachten und als Bemerkung einzutragen.

Ausser den Lagerungsverhältnissen des Grundwassers im Boden interessiren vor allem noch die Bewegungen des Grundwassers in vertikaler und horizontaler Richtung.

II. Beobachtung der vertikalen Grundwasserschwankungen.

Die vertikalen Niveauschwankungen werden einfach durch wiederholte Messungen des Grundwasserstandes an ein und demselben Versuchsbrunnen ermittelt. Sollen nur die Schwankungen an einer begrenzten

Localität studirt werden, so ist ein Einnivelliren des Versuchsbrunnens nicht erforderlich; sobald jedoch von den Schwankungen des einzelnen Brunnens aus, Rückschlüsse auf die Bewegung grösserer Grundwasserstrecken gemacht werden sollen, ist es in den meisten Fällen wünschenswerth, zunächst die Lagerungsverhältnisse des Grundwassers festzustellen, und von den dazu benutzten Versuchsbrunnen einen solchen für die fortgesetzten Beobachtungen auszuwählen, der die Bewegungen der grossen Masse des Grundwassers richtig wiederzugeben vermag. Dass dazu nicht jeder Brunnen oder Schacht tauglich ist, geht aus der oben gegebenen Zusammenstellung über die verschiedenen Zuflüsse und die Art der Ansammlung des Grundwassers hervor. An der einen Stelle kann es vorkommen, dass das erbohrte Grundwasser gar nicht im Zusammenhang steht mit der grossen Grundwassermasse, sondern nur eine eng begrenzte Ansammlung von sogenanntem „Sickerwasser" darstellt; die Niveauschwankungen solcher lokalen Ansammlungen correspondiren dann durchaus nicht mit denen des eigentlichen Grundwassers. Ebenso kann ein sehr tiefer Brunnen die erste undurchlässige Schicht durchsetzen und von dem Wasser einer darunter liegenden Etage gespeist werden; auch dann ist derselbe für Grundwasserbeobachtungen untauglich. Ferner ist es meistens nicht statthaft, den Versuchsbrunnen in die nächste Nähe eines Flusses zu verlegen, weil dort die Stauwelle vom Flusse her leicht eine eng begrenzte Aenderung des Niveaus bewirken kann.

Uebertragung der an einem Brunnen erhaltenen Resultate auf grössere Strecken.

Nothwendigkeit einer sorgfältigen Auswahl der Versuchsbrunnen.

Die Vertikalbewegung erfolgt im Ganzen nur sehr langsam, so dass es genügt, wenn regelmässige Messungen etwa zweimal monatlich vorgenommen werden. Für das Studium specieller Verhältnisse wird natürlich eine häufigere Beobachtung, sogar mit selbstregistrirenden Instrumenten, Platz greifen müssen; eine solche ist ferner namentlich bei auffallend stark steigendem oder fallendem Grundwasserstande indicirt, da es von Interesse ist, die Punkte des höchsten und des niedrigsten Grundwasserstandes genauer kennen zu lernen.

Häufigkeit der Beobachtung.

III. Messung der horizontalen Fortbewegung des Grundwassers.

Weit schwieriger als die Vertikalschwankung ist die Fortbewegung des Grundwassers in horizontaler Richtung zu messen. Zuweilen ist dies möglich durch Beobachtung der Geschwindigkeit, mit welcher eine Fluthwelle auf einer gemessenen Strecke des Grundwassers vorrückt; die Verhältnisse sind alsdann genau wie bei einem Flusse; tritt in einem solchen Hochwasser ein, so werden die im oberen Stromlauf liegenden Pegel die Anschwellung zeitiger anzeigen, als die tiefer liegenden; die Differenz der Beobachtungszeiten, zusammengehalten mit der Entfernung der Pegel, giebt die Geschwindigkeit der Fluthwelle, also nahezu diejenige des Stromspiegels. — In vielen Gegenden ist es indess unmöglich, derartige Fluthwellen des Grundwassers zur Beobachtung zu bekommen, und hier

durch Fluthwellen.

ist man daher auf andere Methoden angewiesen. Möglicherweise gelingt es an einzelnen Orten, durch künstliche Beimischung, z. B. von Kochsalz, zum Grundwasser die Schnelligkeit seiner Fortbewegung zu erkennen. — Vorläufig hat Thiem eine dritte Methode mit gutem Erfolg angewandt, welche darin besteht, dass an einem grösseren Versuchsbrunnen durch Maschinen eine für längere Zeit gleichbleibende Wassermenge gefördert wird, und gleichzeitig die Depression im Versuchsbrunnen und in den umgebenden Brunnen oder Versuchsschachten beobachtet wird.

durch Salzungsversuche.

durch Thiem'sche Versuchsbrunnen.

Die Methode gründet sich darauf, dass nach dem Darci'schen Filtrationsgesetz die Geschwindigkeit der Wasserbewegung in durchlässigem Terrain proportional ist den Widerständen; zieht man nun 2 Beobachtungsschachte in Betracht und bestimmt die Differenzen ihrer Wasserspiegel einmal im natürlichen und dann im durch die Pumpversuche beeinflussten Zustande, so ist der Unterschied dieser Differenzen derjenige Widerstand, welcher der künstlichen, durch den Pumpbrunnen erzeugten Grundwassergeschwindigkeit zukommt. Liegt z. B. von 2 in einer Achse liegenden Versuchsröhren *a* und *b* die erstere dem Brunnenmittel näher als *b*, und hat man gefunden, dass der natürliche Wasserspiegel in *b* um 20 cm höher liegt als in *a*, so bezeichnet dieses Maass von 20 cm die Widerstände, welche die natürliche Grundwassergeschwindigkeit (oder genauer die in der betreffenden Achse liegende Componente der natürlichen Grundwassergeschwindigkeit) bei Zurücklegung des Weges von *b* nach *a* hin zu überwinden hat. Nach eingeleitetem Betriebe des Brunnens sei obiges Maass von 20 cm auf 50 cm gestiegen; da nun 20 cm den natürlichen Widerständen zukommen, so verbleiben für die künstlich erzeugten noch 30 cm übrig. Die Widerstände sind proportional der Geschwindigkeit; mithin verhält sich die natürliche Geschwindigkeit, bezw. deren Componente, zur künstlichen wie 2 : 3 und beide sind gleichsinnig gerichtet. — Betreffs der genaueren Anleitung zur Ausführung derartiger Versuche und betreffs der zugehörigen Rechnungen muss auf die unten citirten Werke von Thiem verwiesen werden.[10]

Die letztbeschriebene Methode ist ähnlich dem oben (pag. 184) geschilderten Verfahren zur Bestimmung der Durchlässigkeit des Bodens in seinen tieferen Schichten; nur wurden dort, weil es nur auf eine approximative Schätzung ankam, verschiedene Momente, z. B. das Gefäll des Grundwassers, vernachlässigt und nur die Durchlässigkeit des Bodens berücksichtigt, die allerdings als weitaus wesentlichster Factor bei der Horizontalbewegung des Grundwassers in Betracht kommt.

Hygienische Bedeutung der Grundwasserbeobachtung. Die Lagerung und Bewegung des Grundwassers im Boden hat zunächst in so fern hygienisches Interesse, als das Grundwasser als directe Quelle der Durchfeuchtung des Bodens in Betracht kommt. — Ein Ansteigen des Grundwassers kann den Wohnboden in sumpfiges Terrain verwandeln; die Tauglichkeit eines Baugrundes, die Möglichkeit der Benutzung von Kellerwohnungen hängt wesentlich davon ab, wie weit das Grundwasser sich zeitweise der Oberfläche des Bodens nähern kann. Ferner steht die Disposition einer Gegend zu Malariakrankheiten in engster Beziehung zu der Frage, wie weit sich die vertikalen Excursionen des Grundwassers erstrecken. Namentlich sind es demnach die maximalen

Bedeutung der Grundwasserbeobachtungen.

Bedeutung extremer Grundwasserschwankungen.

Erhebungen des Grundwassers, die genaue Beobachtung und Registrirung im hygienischen Interesse erfordern. —

Bedeutung der fortlaufenden Grundwasserschwankungen.

Ausserdem aber wird den ständigen, nicht gerade maximalen, Schwankungen des Grundwassers eine bemerkenswerthe Rolle bei der Verbreitung der Infectionskrankheiten zugeschrieben. PETTENKOFER hat unwiderleglich nachgewiesen, dass in München die Bewegung der Todesfälle an Typhus einen genauen Gegensatz bildet zu den Bewegungen des Grundwassers, so zwar, dass beim Sinken des Grundwassers regelmässig eine Vermehrung und beim Steigen des Grundwassers eine Verminderung der Typhustodesfälle eintritt, und dass auch die Grösse des jedesmaligen Grundwasserabfalls einen Massstab für die Steigerung der Mortalität giebt. Die lange Beobachtungszeit, während welcher ausnahmslos dies Verhältniss sich eingestellt hat, und die Bestätigung derselben Erscheinung an mehreren Orten und für andere Infectionskrankheiten, stellt einen gewissen Causalnexus zwischen Grundwasserbewegung und Typhus, Cholera etc. durchaus sicher. Nur kann die Deutung, in welcher Weise diese ursächliche Verbindung zu Stande kommt, äusserst verschieden sein.

Beziehungen derselben zu Infectionskrankheiten.

Entweder ist es möglich, dass die in München beobachtete Beziehung zwischen Grundwasser und Typhus ein *directes* Abhängigkeitsverhältniss bezeichnet. Alsdann kommt das Grundwasser wiederum als *Quelle* der Durchfeuchtung in Betracht; man kann annehmen, dass der Wechsel zwischen Steigen und Fallen des Grundwassers und der dadurch bedingte Wechsel zwischen völliger Durchfeuchtung und nachfolgendem Austrocknen derjenigen Bodenschichten, innerhalb deren sich das Grundwasser bewegt, einen besonderen hygienischen Einfluss äussert und namentlich darf man schliessen, dass gerade eine solche wechselsweise Durchfeuchtung eine der nothwendigen günstigen Bedingungen für die Entwicklung und Verbreitung von Infectionsstoffen liefert. Freilich bleibt es nach dem Stande unserer heutigen Kenntnisse noch durchaus fraglich, ob die tieferen Bodenschichten, innerhalb deren gewöhnlich die vertikalen Excursionen des Grundwassers verlaufen, auch im Uebrigen die Bedingungen für die Entwickelung und die Möglichkeit zur Verbreitung derartiger Keime bieten.

Grundwasserschwankungen als directer hygienischer Einfluss.

Oder aber man kann die Beziehung zwischen Grundwasser und Typhus, Cholera als eine ganz *indirecte* auffassen und beide in gar kein unmittelbar ursächliches Verhältniss bringen. Die Grundwasserschwankung bietet dann nur einen *Ausdruck* für irgend einen anderen, noch unbekannten Vorgang, der dann erst eine Ursache der Typhusfrequenz ist; sie zeigt einen solchen Vorgang und dessen Folgeerscheinung — die Typhusbewegung — an, wie eine Uhr, steht aber selbst in keiner directen ursächlichen Beziehung zu jener. — In solcher Weise hat PETTENKOFER seine Münchener Beo-

bachtungen gedeutet. Er verlegt die Brutstätte der hypothetischen Infectionskeime in die oberen, unseren Wohnungen näheren Bodenschichten und hält einen dort vor sich gehenden Wechsel in der Durchfeuchtung für denjenigen Vorgang, der zu der Typhusfrequenz in Beziehung steht. Für diesen eigentlich ursächlichen Vorgang aber geben in München die Grundwasserschwankungen einen genauen Ausdruck; sie sind gleichsam eine Uhr, welche den Feuchtigkeitszustand der oberen, meist vom Grundwasser selbst gar nicht erreichten Bodenschichten stets richtig anzeigt. — Dabei muss die Möglichkeit festgehalten werden, dass auch die Bodenfeuchtigkeit der oberen Schichten vielleicht nicht jenes eigentlich causale Moment der Typhusbewegung ist — obwohl noch manche andere Beobachtung diese Annahme stützt —; es ist denkbar, dass ganz andere Vorgänge, Feuchtigkeitszustände der atmosphärischen Luft, der Wohnungen etc. vielmehr die gesuchte Ursache sind, und dass diese in München den Grundwasserschwankungen so genau parallel gehen, dass dieselben die Rolle einer richtig gehenden Uhr spielen können.

Grundwasserschwankungen als Ausdruck anderer Vorgänge, die auf Infectionskrankheiten von Einfluss sind.

Mögen noch so viele Lücken in der Deutung des Verhältnisses zwischen Grundwasser- und Typhusbewegung bestehen, so ist doch offenbar — selbst in dem Falle, dass die Grundwasserschwankungen uns nur andere hygienisch wichtige Vorgänge exact anzeigen — eine genaue Beobachtung der Vertikalschwankungen von höchstem Interesse. Es wird vielleicht möglich sein, von dem Indicator aus auf jene ursächlichen Momente zu schliessen; und man darf um so eher auf derartige Erfolge rechnen, als in anderen Gegenden sich das Grundwasser völlig anders verhält wie in München. An vielen Orten geht Grundwasserbewegung und Typhusfrequenz **nicht** zusammen; an diesen Orten scheint aber auch gleichzeitig das Grundwasser kein exacter Ausdruck für die Durchfeuchtung der oberen Bodenschichten zu sein; das Grundwasser ist also dort nicht zu der Rolle einer Uhr befähigt, die jenen möglicherweise ursächlichen Vorgang anzeigt. Gerade angesichts der grossen Verschiedenheiten wird es voraussichtlich genaueren vergleichenden Untersuchungen gelingen, die Bedingungen zu präcisiren, unter denen das Grundwasser zu einem solchen Ausdruck irgend eines Vorgangs wird, der Ursache der Typhusbewegung ist; und aus diesen Bedingungen müssen sich Rückschlüsse auf die Ursache selbst ergeben. — In jedem Falle hat daher die Hygiene von einer methodischen Beobachtung der vertikalen Grundwasserschwankungen noch viel zu erwarten.

Bedeutung der localen Differenzen im Verhalten des Grundwassers.

Die Messung der horizontalen Fortbewegung des Grundwassers kommt hauptsächlich bei den mehr technischen Fragen der Wasserversorgung in Betracht; die Bedeutung und Indication derselben wird daher im Abschnitt „Wohnung“ kurz besprochen werden. —[11]

Literatur. 1) Thiem, Wasserversorgung der Stadt Leipzig, Leipzig 1879, p. 17. — 2) Virchow, Generalbericht etc., Berlin 1872. — 3) 1. Bericht über die etc. Wasserversorgung etc. von München. München 1876, p. 25. — 4) v. Pettenkofer, Z. f. Biol. I. 337. — Virchow, Virchow's Archiv, Bd. 45, Heft 2. — Popper, Böhm. Corresp.-Bl. I. 70. — Nowak, Ueber das Verhältniss der Grundwasserschwankungen etc., Prag 1874. — Woldrich, Zeitschr. d. hann. Arch.- u. Ing.-Ver. 1870, p. 139. — Wiebe, Niederrh. Corr.-Bl. I. 276. — Deutsche Bauzeitung, 1868, p. 512. — 1869, p. 45. — Volger, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1877, Bd. 21, Heft 11. — Wollny's Fortschritte. Bd. 2, p. 52. — Ueber d. Verhältniss zwischen Fluss- und Grundwasser: Gottgetreu, Ueber die Anlagen etc., Köln 1867. — Bluhme, Niederrh. Corr.-Bl. 1, p. 167. — v. Weise, Niederrh. Corr.-Bl. 2, p. 16. — Vorarb. für die Wasservers. Darmstadts, 1873. — Weiss in Fölsch, Bericht über die Wasservers. in Dresden. 1864. — Veitmeyer, Vorarbeiten etc., Berlin 1871. — Virchow, Generalbericht etc., 1874, p. 32. — Poehl, Arch. f. ger. Med. St. Petersburg 1868, 4. 1. — Gruner & Thiem, Vorproject etc. Strassburg 1875. — v. Pettenkofer, Zeitschr. f. Biol. Bd. 4, p. 480. — Zwick, Niederrhein. Corr.-Bl. Bd. 3, 204. — Jacobi, Deutsch. med. Wochenschr. Bd. 1, p. 103. — Vgl. ferner über locale Grundwasserverhältnisse: Reinhard, Ueber die Grundwasserverhältnisse Dresdens. Jahresber. d. Ges. f. Natur- u. Heilkunde in Dresden 1869—70. — Erichsen, Grundwasserverhältnisse St. Petersburgs. Petersb. medic. Zeitschr. N. F. I. 1. — Poehl, Bemerkungen dazu, ibid. II. 477. 537. — Popper, über Grundwasser etc. in Prag. Oesterr. Zeitschr. f. prakt. Heilk. Bd 17. 49. — Göttisheim, Das unterirdische Basel etc., Basel 1868. — Müller, Ueber das Grundwasser etc. der Stadt Basel. Basel 1867. — Goppelsröder, Zur Infection des Bodens etc. Basel 1872. — Heymann, Grundwasser bei Bonn. Niederrh. Corr.-Bl. I. p. 223. — Hoedt, das Grundwasser etc. in Crefeld. Niederrhein. Corr.-Bl. Bd. 4, p. 48. — Reclam, Das Grundwasser von Breslau. Gesundheit Bd. 1, p. 311. — Karsten, Grundwassermessungen in Kiel. Mitth. d. Ver. schlesw.-holst. Aerzte III. 17. — Grundwasserbeobachtungen in Frankfurt a. M. Jahresber. d. physik. Ver. zu Fr. 1868/69. — Hogg, Die Grundwasserverhältnisse Englands. Public Health 3. 545. — v. Pettenkofer, Ueber den gegenwärtigen Stand des Grundwassers in München. Z. f. Biol. I. 375. — 5) v. Pettenkofer, Berl. klin. Woch. X, p. 33. — Erwiderung von Virchow, ibid. — 6) Rütimeyer, Bericht über die Brunnenmessungen in Basel. Basel 1870, p. 10. — 7) aus: I. Bericht etc. München 1874 u. 75. — 8) Zenetti, Viert. f. öff. Ges. II. 197. — 9) Aus d. I. Bericht etc. München 1874 u. 75, p. 28. — 10) Gruner & Thiem, Vorproject. Strassburg 1875. — Vorproject von Thiem. Die Wasserversorgung der Stadt München. Anhang I zum 2. Ber. etc. München 1876. — Thiem, Die Wasserversorgung der Stadt Leipzig, Vorproject. Leipzig 1879, p. 12 u. p. 45 ff. — 11) Aus der äusserst umfangreichen Literatur über die hygienischen Beziehungen des Grundwassers u. namentlich zu Typhus u. Cholera seien hier die folgenden Schriften erwähnt: Buhl, Z. f. Biol. I, p. 1—26. — Seidel, ibid. I. 221—237. — v. Pettenkofer, ib. I. 322—375. — Seidel, ib. II. 145—178. — v. Pettenkofer, ibid. V. 171—311. — Virchow, Virchow's Arch. Bd. 45, Heft 2. — Buchanan, Medical Times 1870. — Viert. f. öff. Ges. II. 169. — v. Pettenkofer, Z. f. Biol. VI. 513—544. — Viert. f. öff. Ges. II. 176. — Z. f. Biol. VII. 86—104. — ibid. VIII. 267—294. — 492—567. — ibid. X. 439—526. — Ueber die Aetiologie des Typhus. Vorträge, gehalten in dem ärztlichen Verein in München. Bayr. ärztl. Intelligenzbl. 1872. — Socin, Typhus, Regenmenge und Grundwasser in Basel. Basel 1871. — Schütz, Das Grundwasser und die Cholerabewegung in Prag 1873. D. Zeitschr. f. prakt.

Med. 1874. 10. — Lewis & Cunningham, Cholera etc. Referat von Renk in Viert. f. öff. Ges. X. 656. — Landerer, Württemb. Corr.-Bl. 46. 219. — Vallin, Gazette des hôpitaux 1877. — Besnier, Union médicale 1877. — Bourdon, Lancet 1877. — Schweninger, Der Typhus in München 1864—76. In Buhl's Mittheil. aus dem pathol. Instit. zu München. 1878, p. 204. — Vgl. auch die Berichte der Cholera-commission f. das deutsche Reich.

VI. Kurze Uebersicht der Bodenuntersuchung.

Wenn es sich um eine rasche Beurtheilung eines Bodens in Bezug auf seine hygienischen Eigenschaften handelt, so ist es in der Mehrzahl der Fälle nicht erforderlich, alle im Vorstehenden besprochenen und zum Theil noch wenig ausgebildeten Methoden zur Untersuchung heranzuziehen, sondern es bedarf nur einiger weniger Analysen, um immerhin eine oberflächliche Orientirung über die wesentlichsten Eigenschaften des Bodens zu gewinnen.

Zusammenstellung derjenigen Methoden, die zu einer raschen Orientirung über einen zu untersuchenden Boden dienen können.

Bei einer solchen praktisch vorliegenden Aufgabe ist zunächst die Oberflächengestaltung (am besten aus genauen mit Isohypsen versehenen Karten zu entnehmen) und die Vegetation des Bodens in Betracht zu ziehen, und z. B. zu beobachten, ob es sich um kahle, den Sonnenstrahlen exponirte Flächen handelt, oder ob reichlicher Baumwuchs seinen ausgleichenden Einfluss auf die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse ausübt; ferner ob Ebenen vorliegen, in denen unter sonst geeigneten Umständen stagnirendes Wasser sich ansammeln kann, oder ob Abhänge einen raschen Abfluss der Niederschläge bedingen, oder endlich ob es in Schluchten oder am Fusse von Bergrücken leicht zur Ansammlung von Niederschlägen und zu häufiger völliger Durchfeuchtung des Bodens kommen kann.

Beobachtung der Oberflächengestaltung und der geognostischen Formation.

Ferner führt die Kenntniss der geognostischen Formation der oberflächlichsten Bodenschichten zuweilen zu gewissen Aufschlüssen. So bilden in den meisten Fällen die eigentlichen Gesteine wie Granit, Gneiss etc. einen dichten, stark geneigten und daher trockenen Boden; während diluviales und alluviales Schwemmland durchgängig zu sein und weniger Gefälle zu zeigen pflegt. Jedoch sind diese Unterschiede durchaus nicht durchgreifend; auch Felsboden kann vielmehr verwittert, zerklüftet und daher durchgängig sein, und häufig ist das Schwemmland durch thonige Beimengungen völlig undurchlässig.

Mechanische Analyse.

Hat in solcher Weise eine Orientirung über den allgemeinen Charakter des zu begutachtenden Bodens stattgefunden, so ist zunächst eine mechanische Analyse der oberen Bodenschichten vorzunehmen. Dieselbe ist fast stets ausführbar, da nur in den seltensten Fällen compacter Felsboden den unmittelbaren Untergrund bewohnter Stätten bildet, sondern in der Regel diluviales oder vom nächsten Wasserlauf abgesetztes alluviales Schwemmland; und die Vornahme einer solchen Analyse ist deshalb so wichtig, weil eine Menge hygienisch wichtiger Eigenschaften des Bodens, namentlich in Bezug auf das Verhalten von Luft und Wasser zum Boden, sich unmittelbar aus der Ermittelung der Korngrösse ergiebt. — Die mechanische Analyse ist am zweckmässigsten mit dem pag. 175 beschriebenen Siebsatze vorzunehmen, so dass der Boden in 5 Korngrössen geschieden wird; eine weitere Trennung durch Abschlemmen etc. kann das Resultat ergänzen.

Bestimmung des Porenvolums und der Wassercapacität.

Ausser der mechanischen Analyse ist zweitens eine Bestimmung des Porenvolums wünschenwerth. Dieselbe ist im natürlichen Zustande des Bodens nach der auf pag. 180 beschriebenen Methode auszuführen.

Drittens ist eine Bestimmung der Wassercapacität zuzufügen nach den auf pag. 182 gegebenen Vorschriften; das dadurch gefundene Volumen der capillaren Poren ist in Procenten des gesammten Porendas Resultat ergänzen.

Folgerungen.

Aus den so gefundenen Resultaten erhält man ein Urtheil über das Verhalten des Bodens gegenüber Luft und Wasser; je feinkörniger derselbe ist, je geringer das Porenvolum und je grösser der Antheil der capillaren Poren an den vorhandenen Poren ist, um so geringer wird seine Durchlässigkeit für Luft und Wasser; und ebenso hängt seine Fähigkeit Wasser zurückzuhalten und aufzusaugen von den kennen gelernten Eigenschaften ab. Daraus ergiebt sich aber weiter als praktisch wichtigstes Resultat, ob ein Boden zu anhaltender Feuchtigkeit oder zu rascher Abgabe des aufgenommenen Wassers disponirt ist. — Auch zur Beurtheilung der relativen Bodentemperatur sind mit jenen Analysen die nöthigen Anhaltspunkte gegeben; denn diese wird ja in weitaus stärkstem Maasse von dem Verhalten der Bodenfeuchtigkeit beeinflusst. — Endlich zeigen auch Condensations- und Absorptionsvermögen des Bodens directe Abhängigkeit von der Korn- und Porengrösse; und so lange kein exactes Verfahren zur unmittelbaren Prüfung dieser Eigenschaften bekannt ist, erscheint es besser, die Vergleichung zweier Bodenarten z. B. in Bezug auf seine Absorptionskraft für hygienisch differente Stoffe und für sein Condensationsvermögen für Gase nach der Korngrösse annähernd abzuschätzen, als nach den Resultaten von Versuchen, bei denen uncontrolirbare andere Factoren die Vergleichsfähigkeit stören. —

Die angeführten Methoden können häufig nur Platz greifen für die oberen Bodenschichten, die mit dem Spaten blosgelegt werden können; für tiefere Schichten würde die Anlage von Bohrlöchern nothwendig sein. Um jedoch auch ohne solche wenigstens die Durchlässigkeit — als die wichtigste Eigenschaft — der tieferen, Grundwasser führenden Schichten bestimmen zu können, empfiehlt es sich, an geeigneten Brunnen Pumpversuche in der pag. 184 beschriebenen Weise anzustellen. Untersuchung der tieferen Bodenschichten.

Damit ist dann zugleich die Beobachtung des zeitweiligen Abstandes des Grundwasserniveaus von der Bodenoberfläche zu verbinden. —

Der chemischen Analyse fällt hauptsächlich die Feststellung des momentanen Feuchtigkeitsgehalts der verschiedenen Bodenschichten und eventuell die Erkennung einer reichlichen Beimengung von organischer Substanz durch Bestimmung des Glühverlustes und des Stickstoffgehalts zu; während die mikroskopische Beobachtung in ihrer gegenwärtigen Form wenig Aussicht auf augenblicklich verwerthbare Resultate bietet und eventuell eingehendere Studien erfordert. Chemische und mikroskopische Analyse.

Ausser einer solchen einmaligen Untersuchung eines Bodenterrains, können dann noch fortgesetzte Beobachtungen der Grundwasserverhältnisse, der Bodenluft und der Bodentemperatur genauere Aufschlüsse über die hygienische Beschaffenheit eines Bodens liefern. —

Die Ergebnisse der Bodenanalyse lassen sich sehr zweckmässig durch kurze Zeichen ausdrücken, die erforderlichen Falls auf den Terrainkarten selbst aufgetragen werden können. ORTH* hat vorgeschlagen, dies in der Weise auszuführen, dass die Reihenfolge der einzelnen Bodenschichten von oben nach unten durch ein Untereinanderstellen der Bezeichnungen markirt und die Höhe der Schichten in cm daneben gesetzt wird; die Bezeichnungen sind einfache Buchstaben, und zwar bedeutet S = Sand; K = Kies; L = Lehm (Gemenge von Thon und Sand), lehmig; T = Thon; F = fein-, G = grobkörnig; demnach bedeutet: Zusammenstellung der Resultate.

60 cm L. S.
40 cm L.
F. S.

= von oben nach unten folgen auf einander nachstehende Schichten:

60 cm lehmiger Sand
40 cm Lehm
nachfolgend feinkörniger Sand. —

Daneben ist dann das Resultat der mechanischen Analyse zu notiren; und zwar sind die oben pag. 175 genannten 5 Gruppen zu unter-

* ORTH, Vierteljahresschrift f. ger. Med. N. F. Bd. 20, Heft 2.

scheiden und es ist anzugeben, mit wie viel Procent sich eine jede an der Constitution des Bodens betheiligt. Weiter ist es zweckmässig, bei einer genaueren Analyse Porenvolum und Antheil der capillaren Poren zuzufügen und ferner den Abstand des höchsten beobachteten Grundwasserstandes (HW) ebenfalls zu notiren; so dass das Resultat einer vollständigen Analyse der oberen Bodenschichten in folgender Weise ausgedrückt sein würde:

40 cm HW.			
60 cm L. S.	12 %	grober Sand	Poren 22 %; cap. Poren 99 %;
	65 %	mittlerer Sand	
	10 %	feiner Sand	
	13 %	abschlämmbare Theile	
180 cm G. S.	7 %	Kies	Poren 32 °/°; cap. Poren 63 %;
	83 %	sehr grober Sand	
	9 %	feiner Sand	
	1 %	abschlämmbare Theile	
40 cm L. FS.	3 %	mittlerer Sand	Poren 35 %; cap. Poren 95 %.
	12 %	feiner Sand	
	85 %	abschlämmbare Theile	

Dritter Abschnitt.

Untersuchung des Wassers.

Die Wasseranalyse gehört zu denjenigen Capiteln der Hygiene, die in den letzten Jahrzehnten mit besonderer Vorliebe bearbeitet sind und über eine grosse Menge von genau geprüften Methoden verfügen. Hauptsächlich ist es die Rolle, welche das Wasser im Haushalt des Menschen spielt, die das Interesse erregt und vielfache Untersuchungen veranlasst hat; und daher wird auch im Folgenden vorzugsweise nur die Analyse des Trinkwassers besprochen werden, während die Wasseruntersuchung aus anderen Gesichtspunkten theils später zu erörtern ist, theils sich dem Rahmen eines hygienischen Handbuchs entzieht und technischen Werken zukommt. Vorbemerkungen über Wasseruntersuchung.

Die gewöhnliche Unterscheidung des Wassers in Quell-, Fluss-, Grund- und Meteorwasser hat für die Analyse wenig Bedeutung. In der weitaus grössten Mehrzahl der Fälle wird Grundwasser zur Untersuchung gelangen, da aus diesem die Brunnen fast stets, die Wasserleitungen häufig gespeist werden; seltener wird Fluss- oder Quellwasser in Betracht kommen. Die Differenzen in der Zusammensetzung sind jedoch nicht der Art, dass sie besondere Modificationen der Methoden erheischen.

Angesichts der grossen Fülle von veröffentlichten mehr oder weniger brauchbaren analytischen Methoden ist es jedoch fast unmöglich, alle Trinkwasserbestandtheile gleichmässig zu berücksichtigen; vielmehr sollen im Folgenden nur diejenigen Methoden ausführlicher beschrieben werden, denen zur Zeit ein hervorragendes hygienisches Interesse beiwohnt, und ferner vorzugsweise solche, die leicht und ohne die Hülfsmittel eines Laboratoriums ausführbar sind, wie die Mehrzahl der Titrirmethoden; für die übrigen müssen dagegen kurze Andeutungen genügen und wird betreffs näherer Details auf die angeführte Literatur verwiesen.

Wie bei der Untersuchung von Luft und Boden, stehen auch für die Analyse des Wassers theils physikalische, theils chemische Hülfsmittel zu Gebote. Da die einschlägigen physikalischen Untersuchungsmethoden wenig ausgebildet sind, erscheint es zweckmässig, die letzteren der chemischen Analyse einzureihen und nur die mikroskopische Untersuchung als besonderes Capitel abzuzweigen.

Leitende Gesichtspunkte für die hygienische Analyse des Wassers.

Die Analyse erstreckt sich zunächst auf eine Vorprüfung, welche Temperatur, Geruch, Geschmack, Reaction, Farbe und Klarheit des Wassers festzustellen hat. Dem Gange der specielleren hygienisch-chemischen Analyse liegt sodann folgender Plan zu Grunde: Aufgabe der Analyse ist es, gesundheitsgefährliche Bestandtheile im Wasser aufzudecken, sie zunächst qualitativ nachzuweisen und eventuell quantitativ ihre Menge zu bestimmen. Abgesehen von den vereinzelten Fällen, in denen beigemengte metallische Gifte, oder z. B. ein abnorm hoher Kalkgehalt einen krankmachenden Einfluss äussern, wird aber die Gesundheitsgefährlichkeit des Wassers wesentlich nur in der Rolle gesucht, die dasselbe bei der Entwicklung und Verbreitung der Infectionskrankheiten spielt. Daher muss es in erster Linie Aufgabe der Analyse sein, solche Stoffe im Wasser nachzuweisen, aus deren Anwesenheit oder Menge auf die Disposition desselben zur Erzeugung von Infectionskrankheiten geschlossen werden kann.

1) Nachweis der Infectionskeime.

Zunächst wird die Analyse dieses Ziel dadurch anstreben müssen, dass sie nach bestimmten Reaktionen für die Infectionskeime selbst sucht. Diese sind jedoch entweder als organisirte Gebilde zu denken, und fallen dann vorzugsweise der mikroskopischen Untersuchung zu; oder sie sind möglicherweise nicht organisirt, dann aber auch gleichzeitig so völlig unbekannt, dass an Methoden zu ihrer directen Bestimmung nicht zu denken ist.

Indessen auch ohne die inficirenden Stoffe selbst nachweisen zu können, versucht die moderne Analyse durch chemische Reactionen festzustellen, ob ein Wasser zur Verbreitung jener Krankheiten geeignet ist. Sie bedarf dazu allerdings der Annahme verschiedener Hypothesen, von denen noch keine allgemein adoptirt ist.

2) Nachweis der Beimengung von Abfallstoffen.

Viele setzen voraus, dass die Infectionskeime hauptsächlich aus dem mit excrementitiellen Stoffen verunreinigten Boden, resp. aus Abzugscanälen, Gruben etc. in das Wasser gelangen und dass ein Wasser daher um so gefährlicher sei, je mehr solcher, für die sogenannte Stadtlauge charakteristischer Bestandtheile sich darin finden und je stärker somit die Symptome einer Inficirung des Wassers hervortreten.

3) Nachweis fermentativer Processe.

Andere nehmen als feststehend an, dass die gefährliche Wirkung des Trinkwassers auf fermentativen Processen im Wasser selbst oder in dem den Brunnen umgebenden Boden beruhe; zu solchen Processen sind aber gewisse organische Stoffe erforderlich, die geeignet sind als Nährmaterial der Fermente zu dienen und die je nach ihrer Menge die Vermehrungsfähigkeit der Fermente bedingen. Alsdann lässt sich entweder die Disposition für fermentative Vorgänge z. B. dadurch bestimmen, dass unter den organischen Stoffen des Wassers jene besonders zu Fermentwirkungen geeigneten aus-

geschieden und ihrer Menge nach ermittelt werden; oder aber man kann gewisse constante Producte jener fermentativen Processe aufzufinden suchen, die als charakteristische Symptome derselben gelten dürfen.

Als organische Stoffe, die besonders geeignet sind Fermentwirkungen zu unterstützen, sieht man nun z. B. diejenigen an, welche leicht zersetzlich sind, energisch Sauerstoff absorbiren und reducirend wirken; ferner namentlich die Stickstoffhaltigen organischen Körper; dann solche, die durch gewisse Fällungsmittel abgeschieden werden, welche sonst für Stoffe von hoher Zersetzlichkeit üblich sind.

a) durch Bestimmung der als Nährmaterial geeigneten organischen Substanzen.

Als charakteristische Symptome vorhandener oder abgelaufener fermentativer Processe betrachtet man Ammoniak, salpetrige und Salpetersäure, Kohlensäure, welche sämmtlich ganz oder theilweise ihren Ursprung der fortschreitenden Zersetzung organischer Substanz verdanken; ferner den Gehalt an freiem Sauerstoff, der je nach der Intensität jener Vorgänge in Mitleidenschaft gezogen und von den Zersetzungsproducten verbraucht wird.

b) durch den Nachweis constanter Gährungsproducte.

Auf Grund dieser hypothetischen Sätze, deren Richtigkeit am Schlusse des Abschnitts besprochen werden muss, führt die moderne Trinkwasseruntersuchung im hygienischen Interesse vorzugsweise folgende Untersuchungen aus:

Uebersicht der Methoden.

I. Vorprüfung. Temperatur, Geruch, Geschmack, Reaction, Farbe, Klarheit.

II. Bestimmung der organischen Substanzen.
1. Bestimmung der gesammten organischen Stoffe durch Glühen des Trockenrückstandes.
2. Bestimmung der Stickstoffhaltigen organischen Stoffe.
3. Bestimmung derjenigen organischen Stoffe, welche auf übermangansaures Kali reducirend wirken.
4. Bestimmung der organischen Stoffe, welche alkalische Silberlösung reduciren.
5. Bestimmung einzelner Gruppen von organischen Stoffen durch seltener angewandte Reagentien (Reduction von Goldchlorid etc.; Fällung durch Bleiessig, durch Gerbsäure, durch alkalische Alaunlösung; Einwirkung auf den elektrischen Leitungswiderstand des Wassers).

III. Bestimmung derjenigen Substanzen, die als Symptome fermentativer Processe angesehen werden können.
1. Ammoniak.
2. Salpetrige Säure.

3. Salpetersäure.
4. Kohlensäure.
5. Sauerstoffgehalt.

IV. Bestimmung der Repräsentanten der sog. Stadtlaugenstoffe.
1. Kochsalz.
2. Schwefelsäure.
3. Kalk und Magnesia.
4. Alkalien.

V. Sonstige Bestandtheile des Trinkwassers. Metallische Verunreinigungen.

VI. Abgekürzte Trinkwasseranalyse.

An die chemische Analyse ist sodann die mikroskopische Untersuchung des Wassers anzureihen.

Eine kritische Beleuchtung der Leistungsfähigkeit der einzelnen Methoden und der hypothetischen Grundlagen für die Deutung der Resultate hat schliesslich den Werth der modernen Trinkwasseruntersuchung für die Hygiene festzustellen und Gesichtspunkte für die fernere Ausbildung der Wasseranalyse zu geben. —

Literatur. Betreffs der im Folgenden weniger eingehend besprochenen Methoden sei namentlich verwiesen auf: Kubel, Anleitung zur Untersuchung von Wasser. 2. Auflage von Dr. F. Tiemann. Braunschweig 1874. — Sonstige Zusammenstellungen von Methoden: Fresenius, Anleitung zur quantitativen Analyse. — Lersch, Das Trinkwasser etc. Bonn 1869. — Gautier, Des eaux potables, etc. Paris 1862. — Lefort, Traité de chimie hydrologique. Paris 1862. — Durand, Dictionnaire général des eaux minérales, etc. Paris 1860. — Wanklyn & Chapmann, Water analysis. A practical treatise etc. London 1870. — Frankland, Report etc. Summary of weekly returns of births etc. London 1869. — Frankland, Chem. News 1876. — Die Methoden der Wasseranalyse, Lancet 1, 331. — Fox, Sanitary examinations of water, air and food. London 1878. — Reichardt, Zeitschr. f. Epidemiol. u. öff. Ges. 1871. — Reichardt, Grundlagen zur Beurtheilung des Trinkwassers. Jena 1872. — Trommsdorff, Die Statistik des Wassers. Erfurt 1869 u. Zeitschr. f. anal. Ch. 8. 330. 369. — 9. 165. — Bunsen, Instruction für die Untersuchung der badischen Mineralwasser. Z. f. anal. Ch. 10. 391. — Fischer, Das Trinkwasser, seine Beschaffenheit, Untersuchung u. Reinigung. Hannover 1873. — Fischer, Die chemische Technologie des Wassers. Braunschweig 1880.

I. Vorprüfung.

Entnahme einer Wasserprobe. Zu einer vollständigen Analyse bedarf man einer Wasserprobe von etwa 2 Liter. Dieselbe ist in reinen Glasflaschen zu sammeln, welche an Ort und Stelle mit dem zu untersuchenden Wasser mehrfach ausgespült werden; auch die Flaschenverschlüsse — am besten Glasstopfen — sind in derselben Weise zu reinigen. Wird die Probe Pumpbrunnen oder Wasserleitungen entnommen, so lässt man zunächst eine grössere Portion Wasser ausfliessen, ehe man eine Probe auffängt.

Entnahme einer Wasserprobe,

aus Brunnen,

Aus Flüssen, Quellen etc. kann direct durch Eintauchen der Flaschen Wasser entnommen werden; doch darf man sich dabei nicht zu nahe der Oberfläche halten, da dort das Wasser leicht Veränderungen ausgesetzt ist. — Soll aus unzugänglichen, mit der Hand nicht erreichbaren Wasseransammlungen, z. B. aus einem tiefen Brunnenschacht, Wasser direct entnommen werden, so ist der Flaschenhals mit einem Kranz von fester Schnur zu umbinden, an welchem unter der Flasche ein Gewicht aufgehängt ist; nach oben geht von demselben Kranze aus eine Schnur, an der die Flasche in's Wasser herabgelassen wird. Zuweilen ist es wünschenswerth, Wasser aus bestimmter, gemessener Tiefe zu schöpfen und zur Untersuchung zu bekommen. Zu dem Zweck versieht man die Flasche ausser mit dem beschriebenen Apparat von Schnüren mit einem doppelt durchbohrten Kork; in der einen Bohrung steckt ein Glasrohr, das oberhalb des Korks mit feiner Oeffnung endet; durch die andere geht ein zweites Glasrohr, an dessen oberem Ende ein langer Kautschuckschlauch oder ein Bleirohr mit oberem Kautschuckansatz befestigt ist. Auf der Schnur, welche die Flasche trägt, ist ausserdem ein Maassstab angebracht. Lässt man nun die Flasche bis zu der gewünschten, am Maassstab abzulesenden Wassertiefe herab, während man das obere Ende des Kautschuckschlauchs durch einen Quetschhahn oder mit dem Finger geschlossen hält, so wird aus den Wasserpartieen, welche die Flasche passirt hat, nichts in dieselbe einfliessen können; erst wenn der Schlauch geöffnet und der Luft freier Austritt gestattet wird, strömt das Wasser der zu untersuchenden Stelle ein und füllt in kurzer Zeit das Gefäss. — Für besonders genaue derartige Arbeiten empfiehlt sich die von Fresenius beschriebene Vorrichtung, bei welcher der Messingverschluss der Flasche zwei Oeffnungen mit zwei Hähnen trägt, die durch einen Zug von oben in der gewünschten Tiefe geöffnet werden können; oder ein neuerdings nach Popper's Angaben von Rothe in Prag construirter Apparat.[1] —

aus tieferen Schächten,

aus bestimmter Wassertiefe.

Jede Wasserprobe ist sofort mit Etiquette zu versehen oder, da diese sich leicht wieder ablösen, bezeichnet man besser jede Flasche vorher mittelst Schreibdiamanten mit einer Nummer und registrirt auf einem besonderen Zettel neben dieser Nummer den Ort der Wasserentnahme, Datum etc.

Temperatur. An Ort und Stelle ist ferner die Temperatur des Wassers zu bestimmen. Kann das Wasser aus Pumpbrunnen entnommen werden, so genügt es, ein empfindliches, in Zehntelgrade getheiltes Ther-

Bestimmung der Temperatur des Wassers.

mometer in das ausfliessende Wasser einzutauchen und wiederholt die Temperatur abzulesen, bis keine Aenderung am Thermometer mehr eintritt. An schwer zugänglichen Wasserbassins bedient man sich am einfachsten des oben beschriebenen (pag. 192) durch eine Paraffinhülle unempfindlich gemachten Thermometers, welches in das Wasser herabgelassen und nach längerem (stundenlangem) Verweilen wieder hervorgezogen wird.

durch unempfindliche Thermometer.

durch Schöpfthermometer.

Soll die Bestimmung momentan erfolgen, so ist entweder ein Schöpfthermometer am Platze, welches am Kugelende einen grösseren Behälter trägt, um eine Portion des Wassers mit heraufzuschaffen und so die Kugel vor einer Temperaturänderung während des Heraufziehens zu schützen; oder noch einfacher verwendet man das JANSSEN'sche Pinselthermometer. Letzteres ist ein Weingeistthermometer, dessen cylindrisches Gefäss von einer dichten Lage 9—10 cm langer Flachsfasern umgeben ist; der obere Theil der Fasern ist durch eine ringförmige mit Blei ausgegossene Hülse bedeckt. Wird dieses Thermometer in's Wasser herabgelassen, so trennen sich die Flachsfasern auseinander und das nackte Thermometergefäss wird vom Wasser umspült und nimmt rasch dessen Temperatur an; beim Hinaufziehen dagegen legen sich die Fasern dicht an das Gefäss an und bilden eine schlechtleitende Hülle, die vor rascher Abkühlung während des Heraufziehens schützt.[2] — Für grössere Tiefen, z. B. für Messung der Meerestemperatur, sind besondere Vorrichtungen erforderlich, welche eine Compression des Gefässes durch den bedeutenderen dort herrschenden Druck verhindern; über derartige Instrumente vgl. die Literatur.[3] —

durch Pinselthermometer.

Prüfung des Geruchs,

An die Temperaturmessung ist die Prüfung des Geruchs, Geschmacks und der Reaction anzuschliessen. Füllt man eine Flasche etwa zur Hälfte mit dem zu untersuchenden Wasser, verschliesst, schüttelt längere Zeit heftig und riecht dann in die Flasche, so lässt sich häufig und namentlich nach längerer Uebung in dieser Methode, erkennen, ob man es mit frischem Quellwasser, oder mit starken Verunreinigungen zu thun hat. Für genaue Prüfung des Geruchs ist empfohlen, eine Wasserprobe auf etwa 40 ° zu erwärmen, dann mit dem Wasser das Innere einer etwa 3 Fuss langen Glasröhre mehrfach zu benetzen und nun durch dieses Rohr einzuathmen; zuweilen tritt deutlicher Geruch erst hervor, wenn dem Wasser vor dem Erwärmen etwas Kalilauge zugesetzt war. — Riecht ein Wasser nach Schwefelwasserstoff, so setzt man zweckmässig etwas Kupfervitriollösung zu, die den Schwefelwasserstoff bindet und dann etwaige andere Gerüche hervortreten lässt.[4] — Der Geschmack eines Wassers ist wesentlich durch seine Temperatur und seinen CO_2-gehalt beeinflusst; die Salze kommen nur selten in solcher Concentration in einem Trinkwaser vor, dass dadurch Geschmacksdifferenzen hervortreten. Prüft man ein Wasser bei einer stets gleichen Temperatur von etwa 18 °, so wird daher der Geschmack vor allem durch den mehr weniger grossen CO_2-Gehalt bedingt sein. — Die Bestimmung der Reaction eines Trinkwassers giebt für sich allein wenig Aufschlüsse; auf empfindliches Lakmuspapier reagiren die meisten Wässer neutral oder sehr

des Geschmacks,

und der Reaction eines Wassers.

schwach sauer; höchst selten tritt alkalische Reaction auf, die dann ein Symptom näher zu untersuchender Beimengungen des Wassers ist.

Trübung und Färbung. Füllt man die Wasserprobe in hohe, schmale Glascylinder, stellt diese auf eine Unterlage von weissem Papier oder Porcellan und zum Vergleich noch einen ebensolchen Cylinder mit klarem, destillirtem Wasser daneben, so erkennt man beim Durchsehen durch die ganze Länge der Wasserschicht leicht, ob eine Trübung des Wassers besteht, oder ob dasselbe nur gefärbt oder aber völlig klar und ungefärbt ist. — Bestimmung der Durchsichtigkeit des Wassers.

Der Grad der Durchsichtigkeit lässt sich nach Hiller zweckmässig bestimmen, durch Anwendung kleiner Täfelchen, auf denen Zahlen in verschiedener Grösse, nach Art der Sehproben, aufgedruckt sind, und die unter die Probecylinder gelegt werden; je nach der noch deutlich sichtbaren Ziffernreihe lässt sich die Durchsichtigkeit eines Wassers bezeichnen. Ausserdem legt Hiller noch Gewicht auf nähere Bezeichnung der Art der Trübung, ob sie staubförmig, milchig, körnig, flockig erscheint oder ob nur eine Färbung vorhanden ist.[5] — Die suspendirten Massen eines trüben Wassers werden stets durch Filtriren durch ein vorher ausgewaschenes, dann aber wieder getrocknetes Filter entfernt, ehe man zu weiteren Analysen übergeht. — Die Trübungen selbst werden entweder mikroskopisch untersucht und zwar kann man sich, zur raschen Abscheidung grösserer Mengen des Absatzes, einer von Finkelnburg[6] angegebenen Vorrichtung bedienen, die aus einem Cylinder mit heraushebbarem Glasboden besteht. Durch eine mit Glashahn verschliessbare Oeffnung unter dem letzteren lässt man das Wasser langsam abfliessen und behält so die suspendirten Theile auf dem Boden zurück. — Sollen die letzteren quantitativ bestimmt werden, so filtrirt man eine gemessene Menge des Wassers durch ein ausgewaschenes, dann getrocknetes und gewogenes Filter, bringt den Absatz nach den in der quantitativen Analyse üblichen Regeln auf das Filter, wäscht aus, trocknet und wägt Filter mit Niederschlag. Die Differenz der beiden Wägungen ergiebt die Menge der suspendirten Substanzen. — Diese Bestimmungen müssen übrigens sofort nach der Probenahme angestellt werden, wenn man den Gehalt des frischen Wassers an suspendirten Stoffen erfahren will; bei längerem Stehen und bei der Berührung mit Luft entstehen in vielen Wässern allmählich Trübungen und Absätze, die im ursprünglichen Wasser nicht vorhanden waren. — mittelst Sehproben. — Untersuchung u. quantitative Bestimmung der Trübungen.

Um die Färbung des von Trübungen befreiten Wassers festzustellen, sind im Wesentlichen 2 Methoden im Gebrauch. Die einfachere von Kubel-Tiemann[7] und später von King[8] empfohlene besteht darin, dass man eine verdünnte Caramellösung (1 gr Rohrzucker in ca. 50 cc destillirtem Wasser gelöst, 1 cc verdünnte Schwefelsäure [1 : 3] zugefügt und 10 Minuten gekocht; dann mit 1 cc Natronlauge [1 Natriumhydrat in 2 Wasser] 10 Minuten gekocht; nach dem Erkalten zum Liter aufgefüllt) bereitet und von dieser zu einer Probe destillirten Wassers mittelst Bürette so viel zusetzt, bis die Färbung desselben genau die gleiche ist wie die der Probe. Menge und Anordnung der verglichenen Wasserproben muss dabei völlig übereinstimmen; dieselben sind deshalb in engen, etwa — Beobachtung der Färbung des Wassers. — Vergleichung mit Caramellösung.

50 cm hohen Cylindern auf ein untergelegtes Stück Papier zu stellen und dann von oben her auf eine etwa noch vorhandene Farbendifferenz zu prüfen. — Die Intensität der Färbung lässt sich ausdrücken durch die Menge Caramel (oder in Caramel verwandelten Zucker), welche 1 Liter destillirten Wassers erfordert, um die gleiche Färbung wie 1 Liter der Probe zu erhalten.

King stellt die Normalcaramellösung dadurch her, dass er eine Caramellösung von beliebigem Gehalt soweit verdünnt, bis sie denselben Farbenton zeigt, wie eine mit Nessler'schem Reagens bei 16° versetzte Salmiaklösung von bestimmtem Gehalt. —

Verfahren von Bowditch.

Ein complicirteres Verfahren hat Bowditch[9] angegeben. Zu demselben ist ein Apparat erforderlich, der aus zwei in einander steckenden, verschiebbaren Röhren besteht, welche beide an ihrem unteren Ende mit Glasplatten verschlossen sind; die grössere Röhre hat ausserdem kurz oberhalb des unteren Endes eine Oeffnung, durch welche das zu prüfende Wasser in den Raum zwischen den beiden Glasplatten eintreten kann. Unter der Glasplatte der grösseren Röhre befindet sich eine grössere weisse Papierfläche; von dieser aus gehen Lichtstrahlen durch die innere Röhre und je nachdem diese mehr oder weniger tief in die äussere eingeschoben ist, durch eine dickere oder dünnere Schicht des zu prüfenden Wassers, zum Auge des Beobachters, das sich am oberen Ende des inneren Rohres befindet; andererseits gehen Lichtstrahlen von derselben weissen Fläche ausserhalb des Rohrs zu einem am oberen Ende des inneren Rohrs befindlichen Prisma, das bis in die Mitte des Gesichtsfeldes hineinragt und die Lichtstrahlen neben denjenigen, welche die innere Röhre passiren, zum Auge des Beobachters gelangen lässt; vor das Prisma wird bei der Ausführung des Versuchs ein Stück gelbes Glas geschoben. Es kommt sodann darauf an, im ganzen Gesichtsfelde gleiche Färbung zu erhalten; dazu wird je nach der Färbung des Probewassers die Einschaltung einer längeren oder kürzeren Säule des Wassers nöthig sein, und man kann den Punkt der Gleichfärbung sehr scharf dadurch einstellen, dass man die innere Röhre mehr oder weniger im äusseren Rohr herabbewegt. Eine Scala gestattet direct die Länge der Wassersäule abzulesen, bei welcher kein Unterschied mehr zu bemerken ist.

Bedeutung der Temperatur des Wassers.

Hygienische Bedeutung der Vorprüfung. Die Bestimmung der Temperatur des Wassers ist für die Beurtheilung eines Trinkwassers von wesentlichstem Einfluss. Zu der erfrischenden Wirkung eines guten und angenehmen Trinkwassers gehört durchaus, dass dasselbe eine gleichmässig niedrige Temperatur während des ganzen Jahres und namentlich während der heissen Sommermonate bewahre, und die Beobachtung der Temperatur gehört daher zu den unumgänglichen Prüfungsmethoden des Wassers. Nur Quellwasser und Grundwasser aus grösserer Tiefe kann jenen Anforderungen genügen; finden sich bei einem Brunnenwasser grössere Temperaturschwankungen, so deutet dies darauf, dass die Grundwasserschichten, aus denen sich der Brunnen rekrutirt, oberflächlich liegen und dem Einfluss der klimatischen Perioden unterworfen sind. Ein solches Wasser ist dann häufig um so weniger zum Trinken geeignet, als die Annäherung desselben an die Oberfläche eine Verunreinigung besonders erleichtert.

Auch die Bestimmung der Färbung und Klarheit, des Geruchs und Geschmacks sind nothwendige Bestandtheile der Trinkwasserprüfung; nicht deshalb, weil aus denselben sich bestimmte Indicien für eine Gesundheitsgefährdung entnehmen liessen, sondern weil sie diejenigen Eigenschaften betreffen, die unbedingt von einem appetitlichen, gern genossenen Wasser verlangt werden. — Handelt es sich um ein Trinkwasser, für dessen constante Beschaffung grössere Anlagen, Wasserleitungen etc. erforderlich sind, so wird die Prüfung in Bezug auf diese Eigenschaften besonders vorsichtig sein müssen, und selbst geringe Spuren eines Geruchs, einer Trübung oder Färbung werden hinreichen, um ein Wasser zu verwerfen und wenn irgend thunlich eine andere Bezugsquelle aufzusuchen, da alsdann eine in die Augen fallende Verschlimmerung jener Beschaffenheit und damit ein Nutzlosmachen der gesammten Anlage im Bereich der Möglichkeit liegt.

Bedeutung der übrigen Methoden der Vorprüfung.

Literatur. 1) Fresenius, Zeitschrift für analytische Chemie, Bd. 1, 175. — Popper, Zeitschrift für Biol. 15, 589. — 2) Jelinek, Anleitung zur Anstellung meteorologische Beobachtungen, Wien 1876, p. 71. — 3) Hales, Gilbert's Annalen 20, 78. — Simony, Carl's Repertor. 1870. — Casella & Miller, Zeitschrift für Meteorologie 5, 91 u. 529. — Negretti & Zambra, Zeitschrift für Meteor. 9, 152. — Dingler's Journal 1879, 5. — Walferdiin, Annal. de chim. et de phys. (3) 15, 7. — Neumayer, Zeitschr. f. Meteor. 1872. — 4) Fox, Sanitary examinations etc. London 1878, p. 14. — 5) Hiller, Deutsche militärärztliche Zeitschr. 1878, Heft 4. — 6) Finkelnburg, Niederrhein. Corr. Bl. 2, 31. — 7) Kubel-Tiemann, l. c. p. 131. — 8) King, Chem. News 31, 133. — 9) Bowditch, Report upon the purity of the different rivers around Boston, City Document Nr. 142. —

II. Bestimmung der organischen Substanzen.

1. Methode: Glühen des Trockenrückstandes des Wassers. Dies Verfahren setzt stets voraus, dass das Wasser zur Trockene verdampft ist, und meistens auch noch, dass die Menge des Trockenrückstandes quantitativ bestimmt wird.

Bestimmung der organischen Substanzen 1) durch Glühen des Trockenrückstandes.

Die Herstellung des Trockenrückstandes geschieht in der Weise, dass eine abgemessene Menge der Wasserprobe bei einer Temperatur verdampft wird, bei welcher die im Wasser gelösten Bestandtheile zurückbleiben, während das Wasser selbst vollständig verjagt wird. Die Ausführung stösst indessen auf ausserordentliche Schwierigkeiten, da bei keinem Temperaturgrade jener Zweck vollständig erreicht wird.

Herstellung des Trockenrückstandes.

Trocknet man bei relativ niedriger Temperatur — bei 100° — oder im Vacuum, so kann das Krystallwasser des Kalk- und Magnesiasulfats nicht entweichen, und wiederholte Wägungen zeigen noch immer fortgesetzte Gewichtsabnahme des Rückstandes; bei höherer Temperatur, 150—180°, tritt dagegen leicht Zersetzung der organischen Substanz ein. Besser erscheint es immer noch, die niedrigeren Wärmegrade zu wählen, weil der Fehler, der durch Zurückhaltung von Hydratwasser entstehen könnte, bei Trinkwasser gewöhnlich viel kleiner ausfällt, als der, welchen die Zersetzung der meist reichlichen und leicht zerfallenden organischen Substanzen verursacht. — Weitere Ungenauigkeiten der Methode liegen darin, dass bei den angewendeten Temperaturen CO_2, Ammoniak fortgehen, dass sich lösliche Ammoniaksalze mit kohlensaurem Kalk umsetzen, dass Chlormagnesium und kohlensaure Magnesia Neigung zeigen, basisches Salz zu bilden. Die wechselnde Menge, in der diese Körper in den verschiedenen Trinkwässern vorkommen und in der sie sich demgemäss an der Gewichtsänderung beim Trocknen betheiligen, macht es unmöglich, letztere auf das Wasser allein oder überhaupt auf bestimmte Körper zu beziehen.

Fehlerquellen.

Genauere Methode.

Die speciellere Ausführung erfolgt in der Weise, dass 300 bis 500 cc Wasser in einer Platin- oder Silberschaale, die vorher trocken gewogen ist, auf dem Wasserbade unter Einhaltung der üblichen Vorsichtsmaassregeln eingedampft werden. Die Schaale wird stets nur zur Hälfte gefüllt; während des Abdampfens hat man dieselbe vor Hineinfallen von Staub etc. zu schützen; das Nachgiessen des Wassers muss mit Hülfe eines Glasstabs geschehen, den man an den Rand des mit der Wasserprobe gefüllten Glases so anhält, dass das Wasser langsam an dem Stabe hinabläuft; stärkere Hitze, die zum Aufkochen und Blasenwerfen führt, ist zu vermeiden; daher ist nur bei Uebung in analytischen Arbeiten die Anwendung der freien Flamme zulässig, während ein Wasserbad Garantie gegen zu intensive Wärmegrade bietet. Ist der Rückstand nahezu trocken, so vertreibt man die letzten Wasserspuren in einem auf 100° regulirten Luftbade, kühlt dann im Exsicator ab und wägt.

Abgekürztes Verfahren.

Anstatt dieser subtileren Ausführung kann man auch ein vereinfachtes Verfahren einschlagen, wenn es nicht auf grosse Genauigkeit der Resultate ankommt und der Rückstand nachher nicht geglüht werden soll. Man füllt dann 50—100 cc des zu prüfenden Wassers mittelst Pipette in ein kleines gewogenes Becherglas, setzt dasselbe direct ins Luftbad von ca. 100° und wägt, sobald das Wasser verdampft ist; nachdem das Glas nochmals einige Stunden im Luftbad gestanden hat, wägt man nochmals, um aus der Constanz oder der fortschreitenden Abnahme des Gewichts zu erfahren, ob die Verdampfung des Wassers beendet ist.

In solcher Weise lässt sich sehr rasch eine grosse Reihe von Bestimmungen des Trockenrückstandes ausführen. Man erhält dann zwar keine exacten Resultate; aber gewöhnlich sucht man durch die Bestimmung der gesammten festen Bestandtheile auch nur eine annähernde Auskunft über den Charakter des Wassers zu erhalten, und lässt verschiedene andere analytische Methoden folgen; für solche Zwecke

reicht das einfachere Verfahren vollkommen aus, zumal da auch der subtileren Ausführung die oben erwähnten Fehler anhaften, die eine genaue Bestimmung überhaupt unmöglich machen. — In noch einfacherer Weise lässt sich endlich der Gehalt eines Wassers an festen Bestandtheilen durch sehr fein gearbeitete Aräometer bestimmen. Speciell für die Analyse von Trinkwasser sind von Finkelnburg[1] und später von Hiller[2] solche Hydrometer empfohlen, welche den Gehalt eines Wassers an gelösten Bestandtheilen in $^1/_{100}$ % anzugeben im Stande sind. Das specifische Gewicht des destillirten Wassers liefert den Nullpunkt, 1 %ige Kochsalzlösung den 100-punkt; die Strecke zwischen beiden ist in 100 Theile getheilt. Die Anwendung des Instruments stösst jedoch auf gewisse Schwierigkeiten, weil mit grosser Sorgfalt alle fremden Körper und Luftblasen vom Hydrometer fern gehalten werden müssen und weil ferner stets eine Reduction auf die Normaltemperatur (von 15 °) zu erfolgen hat. Die jedesmalige Temperatur des geprüften Wassers ist an einem im Hydrometer befindlichen Thermometer abzulesen, und nach beigegebenen Tabellen ist sodann die Reduction vorzunehmen; dennoch entstehen leicht Ungenauigkeiten, weil es schwer ist, in allen Schichten des Wassers eine gleichmässige Temperatur zu erzielen und weil schon geringe Differenzen erhebliche Ausschläge am Instrument erzielen. Für eine allgemeine Orientirung scheinen jedoch auch mit diesen Hydrometern brauchbare Resultate erzielt werden zu können.

Anwendung von Aräometern.

Um aus dem Trockenrückstand eines Wassers dessen Gehalt an organischen Stoffen kennen zu lernen, sind im Wesentlichen zwei Wege eingeschlagen. Zunächst hat man versucht, in dem gewogenen Rückstand die organischen Substanzen durch Glühen zu zerstören und zu verflüchtigen, um ihre Menge sodann aus der Gewichtsabnahme des Rückstandes zu erfahren. Der so gemessene Glühverlust wird indess nicht nur durch die Verbrennung der organischen Substanzen, sondern durch eine Reihe sehr verschiedenartiger Veränderungen des Rückstandes bewirkt. In der Glühhitze wird die CO_2 der Magnesia und des Kalks ausgetrieben; noch unzersetztes Chlormagnesium wird in Magnesia übergeführt; bei starker Hitze können sich Chloralkalien verflüchtigen, die organischen Stoffe können in der Glühhitze zerstörend auf Nitrate und Nitrite wirken u. s. w. — Um die CO_2 der Erden wieder zu ersetzen und so einen der wesentlichsten Fehler auszugleichen, hat man empfohlen, den Rückstand nach dem Glühen wiederholt mit Lösung von kohlensaurem Ammoniak zu befeuchten, dann im Luftbad bei 180° zu erwärmen, um den Ueberschuss dieses Reagens zu vertreiben, und zu wägen. Nun werden aber namentlich die Nitrate, dann auch Sulfate und Chloride der Alkalien und Erdalkalien durch kohlensaures Ammon in kohlensaure Salze verwandelt und dadurch tritt — bei dem gewöhnlich sehr bedeutenden Gehalt der zur Untersuchung gelangenden Wässer an Nitraten etc. — eine erhebliche Gewichtsveränderung des Rückstandes ein. Es ist daher unmöglich, aus der durch den Glühverlust bedingten Gewichtsabnahme einen Rückschluss auf die Menge der organischen Substanzen zu ziehen.

Bestimmung des Glühverlusts.

Fehler der Methode.

Modificationen der Methode.

A. MÜLLER und WITTSTEIN[3] haben versucht, die Fehler der Methode möglichst zu beseitigen; MÜLLER verdampft mit Soda, zieht den Rückstand mit heissem Wasser aus und bestimmt die organischen Substanzen nur in diesem Auszug, indem er denselben mit Salzsäure genau neutralisirt, trocknet, wägt, dann glüht und wieder wägt. WITTSTEIN zeigte, dass ein Gehalt an Nitraten diese Bestimmung beeinträchtigt und empfahl, mit Soda abzudampfen, mit Salzsäure zu neutralisiren, zu trocknen und zu glühen; nach dem Glühen tritt wieder alkalische Reaction auf, diese wird durch Zusatz von Salpetersäure aufgehoben, dann trocknet man, versetzt mit gewogener Menge Quarzsand und bestimmt nun die durch Glühen entstehende Gewichtsdifferenz. — Ferner hat HEINTZ[4] ein complicirtes Verfahren zur Vermeidung der Fehlerquellen eingeschlagen. Alle diese Methoden erreichen aber nicht vollständig ihren Zweck; so ist gegen die MÜLLER'sche und WITTSTEIN'sche Methode z. B. einzuwenden, dass nach FRANKLAND's Beobachtungen ein Eindampfen des Wassers mit Soda unzulässig ist, weil dabei gewisse organische Stoffe zersetzt werden;[5] auf einige Fehlerreste in HEINTZ's Versuchen hat FRESENIUS[6] hingewiesen.

Prüfung der Färbung des geglühten Rückstandes.

Der andere Weg, um aus dem Trockenrückstand Aufschlüsse über die Menge der organischen Substanz zu erhalten, führt nur zu einer mehr qualitativen Prüfung, die aber dennoch brauchbarere Resultate liefert, als die quantitative Bestimmung des Glühverlustes. Man sucht nämlich die Veränderungen zu studiren, welche die Farbe des Rückstands beim Erhitzen erfährt. Letzterer zeigt schon in ungeglühtem Zustande auffallende Differenzen der Färbung; bei Quellwässern und Grundwasser von sehr reiner Beschaffenheit ist der Rückstand weiss; sind dagegen zahlreiche organische Substanzen und fremde Beimengungen vorhanden, so kann die Farbe in eine gelbe bis bräunliche übergehen. Erhitzt man nun einen solchen Rückstand bis zur Rothglut, (indem man den Gasbrenner am besten mit der Hand unter der Platinschaale hin- und herbewegt, um keine Stelle zu anhaltend zu erhitzen,) so zeigen sich bei den verschiedenen Wässern Farbendifferenzen, die sich ungefähr in folgende Gruppen zusammenfassen lassen:[7]

1) Sind keine organische Substanzen und vorwiegend Kalksalze vorhanden, so tritt nur ein Weisserwerden des Rückstandes beim Glühen ein.

2) Ist wenig organische Substanz zugegen, so tritt beim Erhitzen eine leichte Braunfärbung ein, die rasch vorübergeht und schliesslich einer rein weissen Farbe weicht.

3) Bei etwas grösserer Menge organischer Stoffe, zeigt sich an einzelnen Stellen Schwärzung des Rückstands, die erst bei anhaltendem, starkem Erhitzen vertrieben werden kann.

4) Bei sehr grossen Mengen organischer Beimengung tritt beim Erhitzen sofort eine Schwärzung der ganzen Masse und daneben oft ein Geruch nach verbrannten Federn oder Haaren auf; es ist schwer oder gar nicht möglich, eine weisse Asche zu erzielen.

Selbstverständlich können die Resultate dieser Methode nur zur qualitativen Orientirung dienen und setzen eine Bestätigung und Detaillirung durch andere analytische Methoden voraus. Ausserdem kommen zuweilen Salze — namentlich Eisenverbindungen — im Wasser vor, die ihrerseits lebhafte Färbungen bedingen und die durch die Verbrennung organischer Substanzen hervorgerufenen Veränderungen verdecken. — Vor allem ist endlich zu beachten, dass in jedem Falle bei den Versuchen, die organische Substanz durch Glühen des Trockenrückstandes kennen zu lernen, sich die verschiedensten organischen, vegetabilischen und animalischen, stickstoffhaltigen und stickstofflosen Körper an dem Zustandekommen des Resultats betheiligen, während doch das Interesse der Analytiker gerade darauf gerichtet ist, einzelne, besonders zur Gefährdung des Wassers disponirende Gruppen aus dem Chaos der organischen Materien herauszugreifen und zu bestimmen.

2) Bestimmung des Kohlenstoff- und Stickstoffgehalts der organischen Substanzen. Die Versuche, diejenige Kohlenstoff- und Stickstoffmenge zu ermitteln, welche den organischen Substanzen eines Wassers angehört, und aus diesen Befunden auf Quantität und Beschaffenheit der letzteren zurückzuschliessen, hat im Wesentlichen zu drei verschiedenen Methoden geführt, die aber sämmtlich zu ihrer Ausführung eines complicirteren Apparates bedürfen und daher nicht mit allen Einzelheiten geschildert werden können. 2) Bestimmung der organischen Substanzen aus dem C- und N-Gehalt.

Methode von Frankland und Armstrong.[8] Kohlenstoff und Stickstoff der organischen Stoffe sollen gleichzeitig in einem Experiment durch Verbrennung bestimmt werden. Zunächst ist die gelöste und gebundene Kohlensäure zu entfernen; ferner salpetrige und Salpetersäure, welche auf die organische Substanz oxydirend einwirken könnten. Dieser Forderung genügt man durch Zusatz von schwefliger Säure, mit der das Wasser zunächst 2—3 Min. gekocht wird, und von einigen Tropfen Eisenchloridlösung, da nur bei Gegenwart eines Eisensalzes (oder eines Phosphats) die Nitrate vollständig durch die schweflige Säure zerstört werden. Ferner setzt man während des Kochens etwas schwefligsaures Natron zu, um etwa entstehende Schwefelsäure zu binden. Nach dem fast vollständigen Verdampfen des Wassers wird sodann der Rückstand in einer Glasschaale verrieben, mit chromsaurem Bleioxyd gemischt und in eine Verbrennungsröhre, wie sie zu Elementaranalysen gebraucht wird, eingetragen. Die Röhre wird dann mit Kupferoxyd und am vorderen Ende mit Kupferdrehspänen gefüllt und darauf mittelst einer Quecksilberluftpumpe möglichst luftleer gemacht; sodann erhitzt man die Röhre allmählich. Nach beendeter Verbrennung werden die während derselben gebildeten Gase wieder durch die Pumpe angesogen und in einen Apparat übergeführt, der eine leichte Analyse der Gase gestattet. Letztere bestehen aus Kohlensäure, Stickoxyd und Stickgas; erstere wird durch Kalilauge absorbirt und die dadurch bewirkte Volumverminderung wird gemessen; dann lässt man überschüssigen Sauerstoff zutreten, entfernt und

a) Methode von Frankland und Armstrong.

Ermittlung des C's und N's in einer Analyse.

misst die gebildete Untersalpetersäure durch Absorption mittelst Kalilauge, lässt dann den Rest von Sauerstoff durch Pyrogallussäure fortnehmen und rechnet das übrige Volum als Stickstoff. Die so gefundene C-menge stammt ganz aus organischer Substanz; der N nur dann, wenn der dem Ammoniak des Wassers zugehörige Stickstoffgehalt für sich bestimmt und in Abzug gebracht wird.

Fehlerquellen der Methode.

Trotz der umsichtigen Vorsichtsmaassregeln dieser Methode gelingt es doch meistens nicht, zu vollkommen genauen Resultaten zu gelangen. Eine grosse Schwierigkeit liegt in dem Umstande, dass leicht ein geringer Luftgehalt in der Röhre oder in dem verwendeten Kupferoxyd zurückbleibt, der einen, selbst nicht durch eine constante Correction vollständig zu beseitigenden, Fehler verursacht. Ferner können trotz allen Cautelen beim Eindampfen einige organische Stoffe entweichen; zunächst solche, die in saurer Lösung bei der Verdampfungstemperatur flüchtig sind;[9] sodann haben Wanklyn, Chapman und Smith[10] nachgewiesen, dass die Nitrate und Nitrite durch schweflige Säure nur dann vollständig zersetzt werden, wenn dabei freie Schwefelsäure entsteht; diese aber muss zerstörend auf die organische Substanz einwirken. — Die Schwierigkeit der Ausführung der Methode steht zu diesen Ungenauigkeiten der Resultate in keinem Verhältniss; und ausserdem ist das hygienische Interesse so sehr auf eine Differenzirung der organischen Stoffe gerichtet, dass die Analytiker sich selten mit der Gesammtsumme des Kohlenstoffs und Stickstoffs genügen lassen. Berücksichtigt man indess vorzugsweise das Verhältniss zwischen jenen beiden Elementen, so wird man gewisse Schlüsse auf die Beschaffenheit des Wassers ziehen, und ein Vorwiegen des Stickstoffs auf animalische, ein Uebergewicht des Kohlenstoffs auf vegetabilische Beimengungen deuten können; freilich sind derartige qualitative Resultate auch durch einfachere Methoden erreichbar.

b) Getrennte Bestimmung des C's und des N's.

Die wesentlichste Schwierigkeit der Frankland'schen Methode besteht in der Nothwendigkeit die Röhre vollständig zu evacuiren. Soll diese vermieden werden, so muss man von einer gemeinsamen Bestimmung des C und N in einem Versuch abstehen; jedes Element wird dann in einer gesonderten Portion bestimmt und zwar in ganz ähnlicher Weise wie bei den gewöhnlichen Elementaranalysen. — Demgemäss bestimmt Schulze den Kohlenstoff dadurch, dass er Wasser mit Schwefelsäure verdampft, schliesslich im Glühschiffchen trocknet, die Schwefelsäure mit Bleioxyd übersättigt und dann im Verbrennungsrohr im Sauerstoffstrom verbrennt; die entweichende CO_2 wird in titrirtem Barytwasser aufgefangen. Aehnlich ist das Verfahren von Bellamy. Neuerdings haben Dittmar & Robinson[11] die getrennte Bestimmung des C- und N-Gehalts befürwortet. Sie ermitteln den C, indem die mit schwefliger Säure eingedampfte Wasserprobe im Sauerstoffstrome verbrannt wird; die gebildete CO_2 wird durch die Gewichtszunahme von vorgelegtem Natronkalk bestimmt. In einer anderen Wasserportion wird sodann zunächst zur Entfernung des Ammoniaks ein grosser Theil der Probe rasch abdestillirt; der Rückstand wird mit schwefliger Säure, etwas Eisenchlorid und etwas Kaliumsulfat zur Trockene verdampft, mit Aetzbarzt und Natronkalk in einem Glasrohr im Wasserstoffstrom geglüht und das entweichende Ammoniak wird in Salzsäure aufgefangen. — Die Fehlerquellen dieser Methode und die hygienische Tragweite ihrer Resultate ergeben sich aus dem oben bei dem Frankland'schen Verfahren Gesagten.

3) Methode von Wanklyn, Chapman und Smith.

Erhebliche Abweichungen und bedeutend einfachere Manipulationen kennzeichnen die dritte der elementaranalytischen Methoden, die ledig-

lich eine Bestimmung des Stickstoffs und zwar nur desjenigen, der in einer gewissen Gruppe von organischen Stoffen enthalten ist, anstrebt. Diese in dem Verfahren von WANKLYN, CHAPMAN und SMITH[12] abgesonderten Stoffe sind alle solche, welche durch eine stark alkalische Lösung von übermangansaurem Kali in Ammoniak verwandelt werden; das Princip der Methode besteht daher darin, die Wasserprobe mit Kalilauge und Chamäleonlösung zu versetzen und das hierbei gebildete Ammoniak zu messen. Da aber die Wässer häufig schon präformirtes Ammoniak enthalten, muss vorher erst die Menge des schon vorhandenen Ammoniaks ermittelt werden. Dies geschieht mit Hülfe des NESSLER'schen Reagens auf colorimetrischem, später (p. 254) zu beschreibenden Wege, und zwar theilt man das Wasser, dadurch dass man dasselbe destillirt, das vorhandene Ammoniak mit den Wasserdämpfen übertreibt und den ersten Theil des Destillats, der stets schon die ganze Ammoniakmenge enthält, gesondert auffängt, in zwei Portionen, eine solche, die das präformirte Ammoniak und eine solche, die nur die organischen Substanzen ohne freies Ammoniak enthält. Die Destillation wird in einer Retorte vorgenommen, deren Hals zweckmässig kurz vor der Oeffnung noch eine zweite Biegung nach abwärts besitzt; wird dann die Retorte aufgestellt, so geht der Anfang des Halstheils steil nach aufwärts und dadurch wird bewirkt, dass bei starkem Stossen und Schäumen der destillirten Flüssigkeiten etwa fortgeschleuderte Tropfen wieder in die Retorte zurückfliessen und nicht das Destillat verunreinigen. Mit der Retorte wird in der üblichen Weise ein Kühlrohr verbunden und unter das Ausflussrohr werden enge Standcylinder gestellt, wie sie zur colorimetrischen Ammoniakbestimmung gebräuchlich sind. — Zur Ausführung des Versuchs füllt man 500 cc des zu untersuchenden Wassers in die Retorte, setzt 3 cc einer Lösung von kohlensaurem Natron (1 vol.: 2 vol.) zu und destillirt rasch etwa 300 cc, welche in Proben von je 100 cc gesondert aufgefangen und auf Ammoniak geprüft werden; die letzte Probe ergiebt stets bereits völlig negatives Resultat. Nachdem die 300 cc Wasser abdestillirt sind, entfernt man den Brenner unter der Retorte und füllt nun in dieselbe 50 cc einer schon vorher bereiteten Lösung, welche 200 gr Kaliumhydrat und 8 gr übermangansaures Kali im Liter enthält und längere Zeit erhitzt war, um jede etwaige Spur von Ammoniak zu entfernen. Sodann destillirt man von Neuem etwa 200 cc über, fängt diese wie vorher in Cylindern in Portionen von je 100 cc auf, und bestimmt in jeder einzelnen Probe den Ammoniakgehalt colorimetrisch.

Bestimmung des „Albuminoïd-Ammoniak's".

Princip der Methode.

Ausführung.

WANKLYN und CHAPMANN nahmen anfangs an, dass zwar nicht alle organischen Substanzen bei diesem Verfahren ihren Stickstoff als Ammoniak abgäben, aber dass doch ein constanter Bruchtheil, etwa $^2/_3$, des

Leistungsfähigkeit der Methode.

Stickstoffs der eiweissartigen Stoffe in Ammoniak übergeführt würde. Tiemann und Preusse haben gezeigt,[13] dass der Stickstoff einiger, durch Zersetzung eiweissartiger Körper gebildeter Stoffe, wie Leucin, Asparaginsäure, Tyrosin, Harnstoff ziemlich vollständig in Ammoniak verwandelt wird, dass dagegen andere Körper, wie Allantoïn und verschiedene Aminverbindungen, nur $^1/_3$ bis $^1/_2$ ihres Stickstoffs abgeben. Zu quantitativen Bestimmungen würde die Methode daher nur dann geeignet sein, wenn in den untersuchten Wässern ein stets gleichartiges Gemisch von organischen stickstoffhaltigen Stoffen vorhanden wäre; da aber faktisch die ausserordentlichsten Verschiedenheiten in der Zusammensetzung dieser Stoffe bestehen, da bald eine Menge solcher Körper vorliegt, die nur einen relativ kleinen Theil ihres Stickstoffs als Ammoniak zu Tage treten lassen, bald vorwiegend solche Substanzen vorhanden sind, die vollständig von dem Reagens zerlegt werden, so kann durch die gefundene Ammoniakmenge niemals eine nur annähernd vollständige Kenntniss der in einem Wasser enthaltenen N-haltigen organischen Substanzen erlangt werden, sondern die Methode kann nur beschränkten qualitativen Werth haben und lediglich anzeigen, dass Stoffe vorhanden sind, deren Stickstoff durch Behandlung mit alkalischer Permanganatlösung in Ammoniak übergeführt wird.

Die bisher zur elementaranalytischen Bestimmung der organischen Substanzen empfohlenen Methoden sind demnach sämmtlich ungenügend, um über die organischen Substanzen verschiedener Wässer aufzuklären und man hat daher zu anderen analytischen Hülfsmitteln gegriffen, um wenigstens gewisse Gruppen von organischen Substanzen genauer kennen zu lernen, deren Eigenschaften auf eine besondere Beziehung zu der Gesundheitsgefährlichkeit eines Wassers hindeuten.

3) Bestimmung der organischen Substanzen durch Chamäleonlösung.

3) Bestimmung der organischen Stoffe durch Chamäleonlösung.

Das Princip der Wirkung einer Lösung von übermangansaurem Kali, $KMnO_4$, oder Chamäleon, auf organische Substanzen beruht darauf, dass die in dem violettrothen Salze $KMnO_4$ enhaltene Uebermangansäure einen Theil ihres Sauerstoffs nur sehr locker gebunden enthält und denselben leicht an andere Körper abgiebt, welche eine starke Affinität zum Sauerstoff zeigen und also reducirend wirken. Durch die Sauerstoffabgabe wird dann die Uebermangansäure in eine Verbindung verwandelt, die viel weniger Sauerstoff enthält und die nicht mehr als Säure fungiren kann; die Verbindung $KMnO_4$ zerfällt daher, aus der Uebermangansäure wird Manganoxyd oder Manganoxydul, und wenn Säuren, wie Schwefelsäure, Salzsäure zugegen sind, bildet sich schwefelsaures Manganoxydul, Manganchlorür etc. Diese Salze sind farblos; kommen also reducirende Substanzen mit $KMnO_4$ in Berührung und sind zugleich Säuren zugegen, so wird die violettrothe Lösung des Chamäleon entfärbt. Ist hinreichend Säure vorhanden, so bildet sich stets Oxydulsalz. Danach lässt sich auch leicht quantitativ bestimmen, wie viel Sauerstoff in einem

Wirkungsweise der Chamäleonlösung.

Versuche abgegeben ist, sobald man mit Chamäleonlösungen von bekanntem Gehalt arbeitet; ist durch ein Liter Wasser mit viel organischen Substanzen eine bestimmte Menge Chamäleon entfärbt, so lässt sich der durch diese Substanzen bewirkte Sauerstoffconsum ermitteln, wenn man nach den chemischen Formeln herausrechnet, wie viel Sauerstoff die bestimmte Menge Uebermangansäure verlieren musste, um vollständig zu Oxydulsalz zu werden. Die vom Chamäleon abgegebene und von den organischen Stoffen aufgenommene Sauerstoffmenge ist die Einheit, mit der allgemein bei der Anwendung der Methode gerechnet wird; es wird also nicht eigentlich die Menge der organischen Substanz, sondern diejenige Sauerstoffmenge gemessen, welche jene dem Chamäleon entzieht. Maass ihrer Wirkung.

Zur Ausführung bedient man sich des Titrirverfahrens; zunächst wird also eine Chamäleonlösung von bestimmtem Gehalt hergestellt werden müssen. Da es sehr schwierig ist, genau gewogene Mengen völlig reinen übermangansauren Kali's zu erhalten, so löst man eine nur annähernd abgewogene Quantität von 0,3 gr Chamäleon in 1 Liter dest. Wasser und bestimmt nachträglich den Gehalt dieser Lösung durch eine andere, leicht rein zu erhaltende und gut abzuwägende Substanz, die durch Chamäleon oxydirt wird und zur vollständigen Oxydation bestimmter Sauerstoffmengen und somit auch bestimmter Mengen von Chamäleon bedarf. Eine derartige Substanz ist die Oxalsäure, welche auch für die Titrirflüssigkeiten zur CO_2-Bestimmung den Ausgangspunkt bildete. Oxalsäure hat bekanntlich (vgl. p. 129) die Formel $C_2O_4H_2 + 2H_2O$ und daher das Aequivalent 126; jedes Molecül Oxalsäure bedarf zur vollständigen Oxydation noch 1 Atom Sauerstoff = 16 Gewichtstheile; alsdann tritt ein Zerfall in CO_2 und Wasser ein. Nach dem Verhältniss $\frac{126}{16}$ berechnet sich demnach die zur Oxydation verbrauchte Sauerstoffmenge aus der Menge der angewandten Oxalsäure. — Um weiter aus dem Sauerstoffconsum den Verbrauch an Chamäleon zu erfahren, ist es nur nöthig, das Verhältniss auszudrücken, in dem dieses Salz Sauerstoff bei seiner Reduction abgiebt; $KMnO_4$ hat das Aequivalent 158 (K = 39, Mn = 55, 4 O = 64); die Umsetzung erfolgt nach der Formel: $2KMnO_4 + 3H_2SO_4 = 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 3H_2O + 5O$, so dass also 2 Moleküle Chamäleon 5 Atome freien Sauerstoff liefern, oder 316 Gewichtstheile Chamäleon 80 Gewichtstheile Sauerstoff; letztere oxydiren aber, da nach obiger Rechnung 16 Theile Sauerstoff für 126 Theile Oxalsäure ausreichen, 630 Gewichtstheile Oxalsäure. Herstellung der Titrirlösungen.

Man stellt nun zweckmässig eine sogenannte $\frac{1}{100}$ Normaloxalsäurelösung her, d. h. eine solche, die $\frac{1}{100}$ Aequivalent im Liter enthält. 0,63 gr krystallisirte Oxalsäure werden in reinstem destillirtem Wasser gelöst und zum Liter aufgefüllt; damit titrirt man alsdann die aus ca. 0,3 gr pro Liter hergestellte Chamäleonlösung in folgender Weise: 100 cc reines destillirtes Wasser werden mit 5 cc verdünnter Schwefelsäure (3 Vol. Wasser + 1 Vol. S.) versetzt und zum Sieden erhitzt. Nun lässt man 3—4 cc Chamäleonlösung aus einer Bürette zufliessen, kocht 5 bis 10 Minuten, entfernt den Kolben von der Flamme und lässt aus einer anderen Bürette oder Pipette 10 cc der Oxalsäurelösung zufliessen. Sofort wird durch die überschüssige Oxalsäure eine Entfärbung des Gemisches bewirkt; man lässt nun vorsichtig und schliesslich tropfenweise Chamäleonlösung zulaufen, bis eben schwache Röthung bestehen bleibt. Einstellung des Titers.

In diesem Moment ist gerade so viel Chamäleon verbraucht, als 10 cc Oxalsäure erfordern; und da die Menge des letzteren Reagens 6,3 mgr betrug, so ist nach obiger Rechnung 0,8 mgr verfügbarer Sauerstoff oder 3,16 mgr übermangansaures Kali in den verbrauchten cc der Chamäleonlösung enthalten. Berechnet man dann noch, wie viel disponibler Sauerstoff in 1 oder in 100 cc der Lösung von Chamäleon enthalten sind, so ist damit die Titerstellung derselben beendet.

Cautelen bei der Titrirung.

Nur in der Siedehitze und wenn die Chamäleonlösung der überschüssigen heissen Oxalsäure zugesetzt wird, tritt die Reaction hinreichend präcise ein. Ausserdem muss stets reichlich Säure zugegen sein, weil sonst die Bildung des Oxydulsalzes nicht vor sich geht und gefärbte Reductionsproducte des Chamäleons, Manganoxyd, Mangansuperoxyd etc. auftreten. —

Andere zur Titerstellung geeignete Körper.

Zur Titerstellung des Chamäleons sind noch manche andere Körper geeignet; so kann man von metallischem Eisen, von Eisenoxydul-Ammon, von oxalsaurem Eisenoxydul, von Ferrocyankalium ausgehen;[14] doch ist für hygienische Analysen die Anwendung der Oxalsäure vorzuziehen, weil dieselbe schon für andere Methoden unentbehrlich ist. —

Differenzen der Chamäleonwirkung unter verschiedenen Bedingungen.

Um mittelst der oxydirenden, leicht messbaren Wirkung des übermangansauren Kalis die organischen Substanzen des Wassers zu bestimmen, hat man verschiedene Wege eingeschlagen. Da die organischen Substanzen eine sehr verschiedene Affinität zum Sauerstoff haben und bei weitem nicht sämmtlich durch Chamäleon oxydirt werden, so ist es von vornherein klar, dass man nicht daran denken kann, alle organischen Stoffe quantitativ mit dieser Methode zu ermitteln, sondern dass man eigentlich nur die Summe der Oxydirbarkeit der organischen Stoffe misst. Diese Summe wird von sehr ungleichwerthigen Körpern gebildet werden können; sehr grosse Mengen schwer oxydirbarer Substanzen, die nur zum kleinsten Theil von dem Sauerstoff des Chamäleon angegriffen werden, können dieselbe Summe Sauerstoff verbrauchen, als eine sehr geringe Quantität in ihrer ganzen Menge zersetzlicher Stoffe. Ferner werden je nach der Oxydationsbedingungen, nach der Temperatur, der Reaction der Flüssigkeit, nach der Zeitdauer der Einwirkung sich mehr oder weniger Stoffe an dem Sauerstoffconsum betheiligen. Es kommt also darauf an, bestimmte Bedingungen auszuwählen, und diese stets bei jedem Einzelversuch einzuhalten; und zwar kann man diese Bedingungen entweder so wählen, dass die Oxydation möglichst energisch abläuft; dies geschieht in der Siedhitze, bei stark saurer Reaction; oder so, dass die Oxydation nur solche Stoffe betrifft, die besonders stark reducirend auf Chamäleon wirken; dann wählt man besser alkalische Reaction und eventuell niedrige Temperatur.

Ferner ist noch zu bemerken, dass die Mannigfaltigkeit der organischen Stoffe bewirken muss, dass überhaupt kein scharfes Ende der

Reaction eintritt: bei fortdauernder Einwirkung werden immer noch weitere, schwerer oxydirbare Stoffe von dem Chamäleon angegriffen werden. Soll daher die Dauer der Einwirkung eine gemessene sein, so wird man zu einem Ausweg greifen müssen, der darin besteht, dass man einen Ueberschuss des Chamäleons eine gewisse Zeit einwirken lässt und das unzersetzt gebliebene Salz durch Oxalsäure zerstört; titrirt man dann diese mit Chamäleon, so tritt scharfe Endreaction ein. — Einen Einfluss auf die Bestimmung äussern endlich noch gewisse andere Körper, die ebenfalls Chamäleon entfärben; so namentlich salpetrige Säure, deren Menge eventuell besonders bestimmt und in Abzug gebracht werden muss.

Präcisirung der Endreaction.

Chamäleonwirkung auf salpetrige Säure etc.

Die früheren Modificationen der Methode, die namentlich die Schwierigkeiten einer brauchbaren Endreaction nicht überwinden konnten, bedürfen hier keiner besonderen Erwähnung;[15] gegenwärtig sind wesentlich vier Methoden in Gebrauch. Die am häufigsten angewendete und empfehlenswertheste ist die Methode von Kubel.[16] Zur Ausführung derselben werden 100 cc des zu untersuchenden Wassers in einem ca. 300 cc fassenden Kochkolben mit 5 cc verdünnter Schwefelsäure und gleich darauf aus einer Bürette mit so viel Chamäleonlösung von bekanntem Gehalt versetzt, dass die Flüssigkeit stark roth erscheint und auch beim Kochen die rothe Färbung nicht verliert. Sodann kocht man 10 Minuten, fügt 10 cc der Oxalsäurelösung zu und titrirt die dadurch farblos gewordene Flüssigkeit mit der Chamäleonlösung bis zur schwachen Röthung. — Die Summe der im Ganzen verbrauchten Chamäleonmengen, vermindert um die Quantität, welche durch 10 cc Oxalsäure reducirt werden, giebt die Menge übermangansaures Kali an, die für die organischen Substanzen von 100 cc Wasser verbraucht sind; oder wenn der Gehalt der Chamäleonlösung gleich in Theilen Sauerstoff ausgedrückt war, so ist sofort die Sauerstoffconsumtion jener 100 cc Wasser bekannt. Entsprechen z. B. 15 cc Chamäleonlösung = 10 cc der $\frac{1}{100}$ Normaloxalsäure, welche letztere 0,8 mill. Sauerstoff erfordern, so giebt 1 cc Chamäleonlösung $\frac{0,8}{15}$ mill. Sauerstoff ab und x verbrauchte cc der Lösung haben $\frac{0,8 \times x}{15}$ Sauerstoff an die organischen Substanzen abgegeben. — Allgemein ist also, wenn p die Anzahl CC der Chamäleonlösung bedeutet, welche 10 cc der Oxalsäure entsprechen, die Zahl der verbrauchten CC Chamäleonlösung mit $\frac{0,8}{p}$ zu multipliciren, um die Sauerstoffconsumtion des geprüften Wassers zu finden.

Ausführung:

a) Verfahren von Kubel.

Nach der zweiten von Schulze[17] angegebenen Methode nimmt man die Oxydation der organischen Stoffe in Siedetemperatur, aber bei alkalischer Reaction vor.

b) Methode von Schulze.

Bestimmung bei alkalischer Reaction.

100 cc Wasser werden in einem 300 cc fassenden Kölbchen mit $^1/_2$ cc Natronlauge (1 : 2) und dann mit 10—15 cc titrirter Chamäleonlösung versetzt und 10 Minuten gekocht. Nachdem das Gemisch auf 50—60° erkaltet ist, fügt man 5 cc verdünnte Schwefelsäure zu (1 Vol. : 3 Vol. aq.). Nach diesem Zusatz muss die Flüssigkeit noch deutlich roth gefärbt erscheinen, widrigenfalls der Versuch mit reichlicherem Versetzen mit Chamäleonlösung zu wiederholen ist. Sodann lässt man 10 cc $^1/_{100}$ Normaloxalsäure zufliessen, schüttelt und erwärmt, bis die Rothfärbung völlig verschwunden ist und setzt endlich allmählich wieder Chamäleonlösung zu, bis die Rothfärbung mindestens fünf Minuten bestehen bleibt. Die Berechnung ist wie oben.

Die Endreaction ist bei diesem Verfahren erheblich schwerer zu erkennen, weil bei alkalischer Reaction noch viele organische Substanzen nicht vom Chamäleon angegriffen werden, die bei der nachfolgenden saueren Reaction den Sauerstoff desselben allmählich consumiren und dadurch bewirken, dass die eben roth gefärbte Lösung immer noch wieder verblasst und nach längerer Zeit farblos wird; bei dem Kubel'schen Verfahren sind dagegen bei der Endtitrirung nur Körper von so geringem Reductionsvermögen zugegen, dass kaum eine weitere Reaction bemerkbar wird, sobald die zugesetzte Oxalsäure zerstört ist. —

c) Bestimmung bei alkalischer Reaction und niedriger Temperatur (Schulze).

Das Bestreben, gerade nur die Stoffe herauszufinden, die ganz besonders energisch Sauerstoff aufnehmen, hat zu einer dritten ebenfalls von Schulze angegebenen Methode geführt, bei welcher die Oxydation zwar während längerer Zeit, aber bei alkalischer Reaction und bei niedriger Temperatur (15—20°) erfolgt. Zu einer einfachen approximativen Schätzung werden fünf oder mehr Fläschchen mit je 50 cc Wasser gefüllt, dann 2 cc dünner Kalkmilch oder Natronlauge und schliesslich zur ersten Probe 1, zur folgenden 2, zur dritten 3 cc u. s. w. Chamäleonlösung zugefügt. Dann verkorkt man die Fläschchen, lässt sie 2 Stunden stehen und kann sich ein Urtheil über den Gehalt des Wassers an leicht oxydirbaren Stoffen bilden, wenn man beobachtet, wie viele der Proben innerhalb jener Zeiten entfärbt sind. — Ein Titriren der unzersetzt gebliebenen Chamäleonmenge ist in diesem Falle kaum ausführbar, weil die grosse Menge der unzersetzt gebliebenen organischen Substanzen die Endreaction völlig unsicher macht. —

d) Methode von Tidy.

Die vierte, ursprünglich von Espenschied, später von Harcourt angewandte und neuerdings von Tidy[18] empfohlene Methode besteht darin, dass man zunächst ein abgemessenes Quantum des zu prüfenden Wassers mit Schwefelsäure ansäuert, mit überschüssiger titrirter Chamäleonlösung versetzt und dann 2—3 Stunden ruhig stehen lässt. Das unzersetzt gebliebene übermangansaure Kali bestimmt man alsdann, indem man eine bestimmte Menge Jodkaliumlösung zusetzt, und das durch Chamäleon frei gemachte Jod mit unterschwefligsaurem Natron unter Zusatz von Stärkekleister titrirt, bis die blaue Farbe der Jodstärke verschwunden ist. — Um die zur Oxydation der organischen Substanzen verwandte Chamäleonmenge zu finden, ist es nur erforderlich, die Menge dieses Salzes, welche dem frei gewordenen Jod entspricht, von der Gesammtmenge des zugesetzten Chamäleons abzuziehen. —

Vergleichung der verschiedenen Methoden.

Eine vergleichende Kritik muss die erste dieser auf die Oxydation durch Chamäleon gegründeten Methoden als die genaueste und zugleich einfachste anerkennen; das Harcourt-Tidy'sche Verfahren ist weit complicirter und erreicht keinesfalls genauere Werthe, als die Kubel'sche Methode. Die Bestimmungen bei alkalischer Reaction des Gemisches

sind unbedingt, was die Schärfe der Resultate anlangt, weniger empfehlenswerth, als jene erstgenannte Methode.

Leistungsfähigkeit derselben.

Ob es dennoch besser ist, die Chamäleonlösung bei alkalischer Reaction einwirken zu lassen, und ob dabei gerade hygienisch differente Stoffe vorzugsweise der Oxydation anheimfallen, darüber können nur genaue Versuche Auskunft geben. Die bisher angestellten haben nun ergeben, dass von alkalischer Chamäleonlösung einigermassen energisch oxydirt werden: Zuckerstoffe, Ameisensäure, Gerbsäure, Kohlenwasserstoffe, Huminkörper; dagegen nur sehr wenig: Essigsäure, Buttersäure; gar nicht: Benzoësäure, Bernsteinsäure, Milchsäure, Oxalsäure. Nach diesen Resultaten betrifft die Oxydation durchaus nicht vorzugsweise hygienisch-differente Stoffe; und ebensowenig ist anzunehmen, dass die alkalische Permanganatlösung erheblich anders wirke und ganz andere Gruppen von Stoffen oxydire, als die sauere Lösung.

Letztere bleibt ebenfalls, z. B. auf Buttersäure, Bernsteinsäure, Benzoësäure, Hippursäure, Harnsäure fast ohne Wirkung. Harnstoff wird gar nicht, Allantoin fast gar nicht verändert; Leucin nimmt $^1/_{10}$, Tyrosin $^1/_3$, Rohr- und Traubenzucker $^1/_2$, Weinsäure $^1/_5$ derjenigen Sauerstoffmenge beim Kochen mit saurer Chamäleonlösung auf, welche zur vollständigen Oxydation des betr. Körpers erforderlich ist. — Nebenbei hat man feststellen können, dass selbst die Concentration, in der ein und derselbe Körper der Einwirkung des Chamäleons ausgesetzt wird, von erheblichem Einfluss auf die Resultate ist.[19]

Unzulänglichkeit der Chamäleonmethoden für quantitative Bestimmungen.

Schon aus diesen Versuchsergebnissen geht hervor, dass an eine quantitative Bestimmung der organischen Substanzen mittelst des Chamäleons nicht zu denken ist; auch nicht eine bestimmte, irgendwie unter sonstige hygienische Gesichtspunkte zusammenzufassende Gruppe, lässt sich durch dieses Reagens abscheiden; und bei der in weitesten Grenzen wechselnden Zusammensetzung der organischen Stoffe des Wassers ist auch kein Vergleich zwischen den Resultaten mehrerer, verschiedene Wässer betreffender Analysen statthaft. Die Methode würde eine weit grössere Berechtigung haben, wenn experimentell oder statistisch die Oxydirbarkeit der organischen Stoffe als identisch mit der Gefährlichkeit eines Wassers nachgewiesen wäre; wie dies nach der Art der Scheidung der organischen Substanzen, welche durch Chamäleon bewirkt wird, kaum anders zu erwarten ist, haben aber die bisherigen Beobachtungen einen solchen Zusammenhang durchaus zurückweisen müssen.[20] — Vorläufig hat daher der Nachweis der durch Chamäleon oxydablen Materien keine andere Bedeutung als die, dass überhaupt Stoffe zugegen sind, die den Sauerstoff des Chamäleon aufzunehmen vermögen; es bleibt aber entschieden fraglich, ob dieselben mit der Menge der leicht zersetzlichen

Stoffe parallel gehen oder gar mit den hygienisch differenten Bestandtheilen des Wassers als identisch anzusehen sind.

4) Bestimmung der organischen Substanzen durch alkalische Silberlösung

4) Bestimmung der organischen Stoffe durch alkalische Silberlösung. Um vorzugsweise gährungsfähige, leicht spaltbare organische Substanzen im Wasser nachzuweisen, hat Fleck eine alkalische Silberlösung als Reagens benutzt, welche gerade durch jene Gruppe von Stoffen leicht reducirt werden soll.[21]

Bereitung der Titrirlösungen.

Die alkalische Silberlösung wird dadurch bereitet, dass man 17 gr salpetersaures Silber mit einer Lösung von 48 gr Natriumhydrat und 50 gr unterschwefligsaurem Natron zusammenmischt und auf 1 Liter verdünnt; das unterschwefligsaure Natron löst dabei den sonst durch Natronlauge entstehenden schwarzbraunen Niederschlag von Silberoxyd; die Mischung muss dann noch zur Befreiung von etwaigen organischen Substanzen gekocht und darauf im Dunkeln aufbewahrt werden. Der Gehalt der so hergestellten Silberlösung wird ermittelt durch eine Lösung von Jodkalium von genau bekanntem Gehalt (circa 8 gr in 1 Liter). Jodkalium fällt aus der Silberlösung das Silber als Jodsilber aus; versetzt man z. B. 10 cc Silberlösung, die man mit 50 cc destillirtem Wasser verdünnt hat, unter Umrühren allmählich mit JK-Lösung, so wird man den Gehalt der ersteren berechnen können, wenn es gelingt den Moment nachzuweisen, in welchem kein Silber mehr vorhanden, sondern unzersetztes Jodkalium in geringster Menge in der Flüssigkeit enthalten ist. Es giebt nun oxydirende Mittel, welche das Jodkalium zu zerlegen und Jod daraus frei zu machen im Stande sind, während sie die festere Verbindung des Jodsilbers nicht verändern können; freies Jod aber lässt sich in kleinsten Spuren mittelst Stärkekleister nachweisen. Demnach bereitet man eine Mischung z. B. aus gleichen Theilen dünnen Stärkekleisters, einer Lösung von rothem chromsaurem Kali (1 : 20), und concentrirter Salzsäure. Bringt man von dieser Mischung einen Tropfen auf eine weisse Porzellanplatte, und lässt dann einen Tropfen der Silberlösung von der Seite dazu treten, so wird an der Berührungszone keine blaue Färbung von Jodstärke auftreten, so lange nur Jodsilber vorhanden ist; dagegen sofort, wenn der erste Tropfen freies Jodkalium zugegen ist. — Hat man mittelst dieser Endreaction den Titer der Silberlösung festgestellt, so kann die Prüfung eines Wassers in ganz ähnlicher Weise vorgenommen werden. Man füllt 100 cc derselben in ein Becherglas, fügt 10 cc der alkalischen Silberlösung zu und erhitzt zum Sieden; dabei scheiden sich Kalk- und Magnesianiederschläge ab, die sich allmählich mit abgeschiedenem schwarzem Silberoxyd mischen. Man lässt nun erkalten und titrirt wie oben beschrieben mit der Jodkaliumlösung; da aber jetzt Silber in unlöslicher Form ausgefällt ist, wird man weniger Jodkaliumlösung als früher für die 10 cc Silberlösung gebrauchen und zwar um so viel weniger, als Silber durch die organischen Substanzen des Wassers reducirt und zur Abscheidung gebracht ist. —

Ausführung der Bestimmung.

Leistungsfähigkeit der Methode.

Versuche von Fleck ergaben, dass die alkalische Silberlösung reducirt wird durch: Gallussäure, Harnsäure, Traubenzucker, Taurin etc.; dass sie dagegen sich indifferent verhält gegenüber Milchsäure, gewissen Fettsäuren, Bernsteinsäure etc. Später von Fleck angestellte Experimente zeigten, dass erhebliche Unsicherheiten in den Resultaten auftreten, sobald nur dieselben Stoffe in verschiedener Concentration angewendet wurden; und Tiemann und Preusse[22] konnten neuerdings durch

eine längere Versuchsreihe nachweisen, dass eine grosse Reihe organischer Stoffe, wie Weinsäure, Trauben- und Rohrzucker, Allantoin, Leucin, Tyrosin von der Silberlösung völlig ungleichmässig und ausserdem durchweg in geringerem Grade oxydirt werden, als durch Chamäleon in saurer Lösung. Auch Leuchtgas wurde durch letzteres Reagens noch etwas schärfer angezeigt, wie durch Silberlösung.

In Bezug auf die Qualität der nachgewiesenen organischen Stoffe und auf die Möglichkeit einer quantitativen Bestimmung derselben hat demnach die FLECK'sche Methode vor der Chamäleontitrirung nichts voraus. Dagegen bietet sie mehr Fehlerquellen als diese bei der Ausführung. Bei der vorgeschriebenen Concentration der Lösungen sind die Differenzen der ersten und zweiten Titrirung äusserst gering und schwer zu beobachten; die Endreaction tritt nicht präcise und momentan genug ein; die Titrirlösungen sind äusserst veränderlich und werden dies in noch höherem Grade, wenn man den Versuch macht, sie stärker zu verdünnen. Fehlerquellen derselben.

5) Um einzelne Gruppen von organischen Stoffen oder auch ihre Gesammtmenge im Wasser nachzuweisen, sind noch eine grosse Reihe verschiedener Reagentien empfohlen, die aber sämmtlich erheblich unzuverlässiger sind, als die besprochenen Methoden, in keinem Falle der Ermittelung der hygienisch-differenten organischen Stoffe näher kommen als diese, und deshalb hier nur kurz Erwähnung finden sollen. Häufig sind Fällungsmittel angewendet, durch welche die organischen Stoffe niedergerissen werden sollen, um dann durch Elementaranalyse oder durch sonstige Behandlung mit Reagentien weiter zerlegt zu werden; in diesem Sinne sind Eisenchlorid, Bleinitrat,[23] neutrales und basisches essigsaures Bleioxyd,[24] alkalische Alaunlösung[25] empfohlen. HAGER hat ein schon früher mehrfach angewandtes Reagens wieder in Gebrauch gezogen: die Gerbsäure. Dieselbe soll in Wässern, welche fäulnissfähige Stoffe enthalten, eine Trübung erzeugen, die sich mit der Zeit vermehrt; beim Vergleich verschiedener Wässer ist daher eine bestimmte Reactionszeit einzuhalten. Die (kalt gesättigte) Tanninlösung ist jedesmal frisch zu bereiten; von dieser werden 2—5 cc zu 200—300 cc Wasser zugesetzt. Andere Beobachter haben jedoch gefunden, dass starke Verunreinigungen von Wasser durch dieses Reagens nicht angezeigt werden; eine eingehendere Prüfung seiner Wirkung fehlt bisher noch.[26] — Auch Oxydationsmittel, welche durch die organischen Stoffe reducirt werden, sind noch mehrfach empfohlen, so Goldchlorid, ruthensaures Natron. — FLECK extrahirte den Verdampfungsrückstand des Wassers mit Alkohol, dampfte nochmals zur Trockne, löste in Wasser und versetzte nun mit Höllensteinsolution; bei einigen Wässern schied sich dann beim Kochen schwarzes Silber ab; bei anderen aber, die im Verdacht standen, Fäulnissstoffe zu enthalten, schied sich ein rother Niederschlag ab und die überstehende Flüssigkeit war blutroth. Später zeigte sich jedoch diese Reaction auch bei vielen sehr reinen Wässern.[27] — Endlich hat FALK aufmerksam gemacht, dass vielleicht die Prüfung des Wassers auf seinen electrischen Leitungswiderstand (mit Hülfe des BECQUEREL-HORSFORD'schen Verfahrens) auch Schlüsse gestattet auf seinen Gehalt an organischen Substanzen, da diese die Leitungsfähigkeit bedeutend erhöhen. Freilich wirken auch Salze und namentlich Kochsalz in demselben Sinne.[28]

5) Bestimmung der organischen Substanzen durch Fällungsmittel, z. B. Bleisalze, Gerbsäure, durch Goldchlorid, durch Silberlösung, durch den electrischen Leitungswiderstand.

Bedeutung der Methoden zur Bestimmung der organischen Substanzen.

Hygienische Bedeutung der Bestimmung der organischen Substanzen. Aus der Kritik der einzelnen Methoden geht bereits hervor, dass keine einzige derselben eine quantitative Bestimmung aller oder nur der hygienisch differenten organischen Stoffe gestattet. Da letztere noch völlig unbekannt sind, können jene Methoden nur zu Experimenten dienen, welche auf die Auffindung der hygienisch differenten Stoffe gerichtet sind; die Ergebnisse der chemischen Analyse müssen mit den Resultaten des physiologischen Versuchs und der statistischen Beobachtung verglichen und dadurch muss ermittelt werden, ob schädliche Stoffe durch die bisher gebräuchlichen Reagentien abgeschieden werden, oder ob solche Stoffe sich dadurch nachweisen lassen, welche ein günstiges Substrat für Krankheitskeime bilden etc.

Nothwendigkeit eines Vergleichs ihrer Resultate mit den Ergebnissen des physiologischen Experiments und der Statistik.

Dagegen kann den analytischen Resultaten der bisherigen Bestimmungen nur die Bedeutung zugeschrieben werden, dass sie mit mehr oder minder grosser Sicherheit überhaupt den qualitativen Nachweis gewisser organischer Stoffe geführt haben. Zu vergleichbaren quantitativen Bestimmungen der letzteren eignen sich sämmtliche Methoden schon deshalb nicht, weil die organischen Verbindungen, die in verschiedenen Wassern vorkommen, namentlich je nach den Bodenverhältnissen, welche auf die zufliessenden Verunreinigungen einwirken, sehr stark variiren müssen; weil aber ein Parallelismus zwischen den durch jene Reagentien angezeigten und den wirklich vorhandenen organischen Stoffen nur so lange besteht, als gleichartig zusammengesetzte Gemische organischer Verbindungen vorliegen.

Dem qualitativen Nachweis organischer Substanzen überhaupt ist unter Umständen eine hygienische Bedeutung beizumessen. Es ist möglich, dass ein Wasser, in welchem die chemische Analyse organische Stoffe findet, leichter und häufiger zu einer infectiösen Wirkung geeignet ist, als ein Wasser, in welchem die oben aufgeführten Reagentien keine organischen Stoffe nachweisen können; und es wird daher vollkommen zu rechtfertigen sein, wenn für ein Trinkwasser, so weit es angeht, nur Wasser gewählt wird, in welchem keine organischen Substanzen enthalten sind. Zu einer derartigen Prüfung wird die Frankland'sche Methode sich durch ihre relativ grösste Genauigkeit, die Wanklyn-Chapman'sche und die Kubel'sche durch ihre grössere Einfachheit empfehlen. Aber ohne jede Berechtigung würde man aus quantitativen Differenzen, welche jene Methoden erkennen lassen, auf die grössere oder geringere Gefährlichkeit eines Wassers schliessen. — Am Ende dieses Abschnitts wird der muthmassliche Zusammenhang zwischen den analytisch nachweisbaren organischen Stoffen und der Gesundheitsgefährlichkeit eines Wassers noch weiter beleuchtet werden müssen.

Literatur. 1) Finkelnburg, Verhandl. des naturhistor. Ver. d. Rheinlande 30, 217. — 2) Hiller, Deutsche Militärärztl. Zeitschr. 1878, H. 4. — 3) A. Müller, Chem. Ber. 1870. — Wittstein, Dingl. Journ. 200, 123. — 4) Heintz, Zeitschr. f. anal. Chem. 5, 11. — 5) Frankland & Armstrong, Journ. of the chem. soc. II. 6, 77. — 6) Fresenius, Zeitschr. f. anal. Ch. 5, 23. — 7) Fox, Sanitary examinations, p. 98. — Aeby, Journ. f. prakt. Ch. (2) 5, 206. — 8) Frankland & Armstong, l. c. und Report on the anal. of the Waters during 1868. Summary of weekly returns of births etc. London 1869. — 9) Tiemann & Preusse, Chem. Ber. 12, 1910. — 10) Wanklyn, Chapman & Smith, Journ. of the chem. soc. (2) 6, 152. — Vgl. Zeitschr. f. anal. Ch. 8, 486 ff. — 11) Schulze, Landw. Versuchstat. 10, 516. — Bellamy, Arch. d. Pharm. (2) 136, 112. — Dittmar & Robinson, Chem. News 36, 26. — Journ. of Gaslight 2, 457. — 12) Wanklyn, Chapman & Smith, Journ. of the chem. soc. (2) 5, 445. — 13) Tiemann & Preusse, Chem. Ber. 12, 1922. — 14) Gräger, N. Jahrb. f. Pharm. 26, 193. — Gintl, Wiener acad. Sitzungsber. 1867, Mai II. — de Haën, Ann. Chem. Pharm. 90, 160. — 15) Vgl. Forchhammer, Transact. Roy. Danish Soc. ser 5, Bd. 2. — Monnier, C. R. 75, 25. — Woods. Journ. of the chem. soc. (1) 3, 62. — Trommsdorff, Zeitsch. f. annal. Ch. 8, 344. 9, 162. — Mohr, ibid. 9, 43. — Smith, Chem. News. 20, 26. 16) Kubel, Anleitung, p. 104. — 17) F. Schulze, 32. Jahresbericht des Rostocker Gewerbevereins, Anlage A. — Schacht, Arch. f. Pharm. (2) 135, 10. — 18) Espenschied, Zeitschr. f. Chem. u. Pharm. 3. 936. — Miller, Journ. of the chem. soc. (2) 3, 117. — Harcourt, Zeitschr. f. anal. Chem. 4, 463. — Tidy, Journ. of the chem. soc. 1879, 66. — 19) Schulze, l. c. — Legler, Fleck's 6. u. 7. Jahresber. der Dresdener Centralstelle, p. 90. — Tiemann & Preusse, l. c. — 20) Emmerich, Z. f. Biol. 14, 574. — 21) Fleck, 1. Jahresber. d. Dresdener Centralstelle, p. 27. 4. u. 5. Jahresber. p. 66. — 22) Chem. Ber. 12, 1915. — 23) Péligot, Ann. de chim. et de phys. (4) 3, 213. — 24) Löwe, Zeitschr. f. anal. Ch. 5, 23. — 25) Bellamy, Arch. d. Pharm. (2) 136, 112. — 26) Hager, Pharmac. Centralhalle 1877. 106. — Böttger, Jahresber. d. physik. Ver. zu Frankfurt a. M. 1878. — Journ. f. Gasb. 21, 704. — Dahlem, Zeitschr. geg. Verf. d. Lebensmittel, 1, 211. — Kämmerer, Dingl. Journ. 224, 559. — Fischer, Dingl. Journ. 226, 303. — 27) Fleck, l. c. — 28) Falk, Viert. f. öff. Ges. 10, 284. —

III. Bestimmung derjenigen Substanzen, die als Symptome fermentativer Processe angesehen werden.

1) Bestimmung des Ammoniaks.

1. Ammoniakbestimmung. In den Trinkwässern kommen stets nur äusserst geringe Spuren von Ammoniak vor; es lassen sich daher zur Auffindung derselben nicht die gewöhnlichen Methoden der Ammoniakbestimmung (mittelst titrirter Säuren oder Kaliumplatinchlorid etc.) anwenden, sondern es kommt darauf an, Methoden zu appliciren, welche

gerade die geringfügigsten Mengen nachzuweisen geeignet sind. Ausserdem darf die Ausführung nicht zu complicirt sein und nicht zu lange Zeit in Anspruch nehmen, da sonst bei dem häufigen Vorkommen von Ammoniakspuren in der Luft eines Laboratoriums und in den Apparaten und Reagentien leicht merkbare Spuren in das zu prüfende Wasser gelangen. Endlich müssen Ammoniakbestimmungen immer kurz nach der Entnahme der Wasserprobe ausgeführt werden, weil bei längerem Stehen das Ammoniak durch Oxydation verschwindet.[1]

Frühere Methoden.

Früher wurden folgende, jetzt sämmtlich obsolete Reagentien zur Ammoniakbestimmung im Trinkwasser angewandt: Phosphormolybdänsäure;[2] Phenol und Chlorkalk, die ammoniakhaltiges Wasser grün färben;[3] gelbes Hämatoxylinpapier, das durch Ammoniak violett wird;[4] das Bohlig'sche Reagens, bestehend in 5 Tropfen Sublimatlösung (1 : 30) und 5 Tropfen einer Lösung von kohlensaurem Kali (1 : 50), die zu 40 cc Wasser zugesetzt, die geringsten Ammoniakspuren durch eine milchige Trübung von Amido-Quecksilberchlorid nachweisen;[5] bromirte alkalische Lösung von unterchlorigsaurem Natron, welche bei gewöhnlicher Temperatur das Ammoniak sofort zersetzt, während der Ueberschuss der zugesetzten Lösung durch arsenigsaures Natron zurücktitrirt werden kann;[6] Quecksilberbromid in alkalischer Lösung, die durch Ammoniakspuren weiss gefällt wird.[7]

Nessler's Reagens.

Das jetzt allgemein angewandte Reagens ist die von Nessler zuerst empfohlene und von Miller zuerst zur quantitativen Bestimmung angewandte Kaliumquecksilberjodidlösung. Dieselbe wird bereitet, indem man 50 gr Jodkalium in 50 cc heissem destillirtem Wasser löst und dann mit heisser concentrirter Sublimatlösung versetzt, bis der entstandene rothe Niederschlag von Quecksilberjodid, der Anfangs sich im Ueberschuss des Jodkalium unter Bildung eines Doppelsalzes immer wieder auflöst, bestehen bleibt, wozu 20—25 gr Sublimat erforderlich sind. Dann wird filtrirt, mit einer Lösung von 150 gr Kaliumhydrat in 300 cc Wasser versetzt, auf 1 Liter verdünnt, noch etwa 5 cc Sublimatlösung zugefügt und nach dem Absetzen des Niederschlags decantirt. Die Lösung enthält dann eine Verbindung von Quecksilberjodid und Jodkalium; kommt diese mit der geringsten Spur Ammoniak zusammen, so bildet sich ein rother Niederschlag, bei wenig Kali von hellerer, bei viel Kali von rothbrauner Farbe; dieser Niederschlag ist Quecksilberammoniumjodid (Ammoniumjodid, in welchem die Wasserstoffatome durch Quecksilber vertreten sind, also von der Formel $NHg_2J + H_2O$). Ist wenig Ammoniak vorhanden, so entsteht nur eine gelbe Färbung der Flüssigkeit, die aber eigentlich auch aus einem sehr fein vertheilten Niederschlag besteht, und die um so intensiver erscheint, je mehr Ammoniak vorhanden ist. —

Bereitung und Wirkung desselben.

Qualitative Prüfung.

Zu einer qualitativen Probe ist es zunächst erforderlich circa 100 cc Wasser mit $^1/_2$ cc Natriumhydrat- und 1 cc Natriumcarbonatlösung zu versetzen und dadurch die Erdsalze auszufällen. Es ist dies deshalb

nöthig, weil in jedem Wasser gewisse Mengen Kalk- und Magnesiaverbindungen in Lösung vorhanden sind, die durch das freie Alkali und das stets gleichzeitig vorhandene kohlensaure Alkali des NESSLER'schen Reagens als unlösliche kohlensaure Erden ausgefällt werden und den Niederschlag von Quecksilberammoniumjodid mit niederreissen würden. Nach dem Absetzen der Erdsalze giesst man die klare überstehende Flüssigkeit in einen engen hohen Cylinder, fügt 1 cc NESSLER'sches Reagens hinzu, schüttelt, und beobachtet nun die Färbung, indem man von oben durch die Flüssigkeitsschicht hindurch auf ein Blatt weisses Papier sieht.

Quantitative Bestimmung.

Von den zur quantitativen Bestimmung vorgeschlagenen Methoden, die sich alle des NESSLER'schen Reagens bedienen, sind namentlich 3 ausführlicher zu erwähnen.[8] Die erste von FRANKLAND und ARMSTRONG empfohlene ist die einfachste und schliesst sich auf's engste an die qualitative Prüfung an, indem sie nur noch die Intensität der entstandenen Färbung mit der Färbung von Ammoniaklösungen von bekanntem Gehalt vergleicht. Man versetzt 300 cc Wasser in einem Glascylinder mit 2 cc Soda- und 1 cc Aetznatronlösung (beide 1 vol : 2 vol.), schüttelt, lässt den Niederschlag absitzen, was nach einigen Stunden meist vollständig geschehen ist, und giesst das klare überstehende Wasser ab oder decantirt dasselbe. 100 cc dieses Wassers werden nun in einen etwa 20 cm hohen, engen Cylinder gebracht, mit 1 cc NESSLER's Reagens versetzt und auf ihre Farbenveränderung beobachtet. Es darf nur eine hellgelbe Farbe entstehen; ist dieselbe dunkelgelb oder gar roth, so würde es zu schwierig sein, feinere Farbennüancen zu unterscheiden; man hat daher stark ammoniakhaltige Wasser eventuell so weit mit reinstem destillirtem Wasser zu verdünnen, bis eine hellere Färbung erzielt ist. — Ferner hat man am besten schon vorher als Vergleichsflüssigkeiten je 100 cc ammoniakfreies destillirtes Wasser in 4 gleich hohe Cylinder gefüllt, diesen je 0,2 bis 2 cc einer Salmiaklösung zugefügt, welche in 1 cc 0,05 mg Ammoniak enthält (3,147 gr reiner, bei 100 ⁰ getrockneten Salmiak in Wasser gelöst, zum Liter aufgefüllt; davon 50 cc auf 1 Liter verdünnt), und ausserdem je 1 cc NESSLER'sches Reagens. Die Cylinder stellt man dann neben denjenigen, der das zu untersuchende Wasser enthält, auf ein weisses Blatt Papier und vergleicht, indem man von oben her auf die Flüssigkeitsschichten sieht, deren Farbe. Stimmt die Farbe der Wasserprobe mit keiner der Vergleichsflüssigkeiten überein, so fertigt man von letzteren weitere Zwischenstufen an, bis annähernde Uebereinstimmung vorhanden ist. Man darf jedoch nicht etwa den schon präparirten, zu hellen Controlflüssigkeiten weiteres Ammoniaksalz zufügen, da sonst eine Trübung entsteht. — Die Berechnung ergiebt sich direct aus der in der übereinstimmenden Probe enthaltenen Ammoniakmenge. —

a) nach Frankland u. Armstrong, colorimetrische Vergleichsbestimmung.

Einfluss der Temperatur u. des Alkali's auf die Färbung.

Auf die Intensität der Färbung ist die Temperatur und die Menge des vorhandenen Alkali's von Einfluss. Auf gleiche Temperatur ist daher möglichst zu achten; der Einfluss des Alkali's fällt so gut wie ganz fort, wenn der NESSLER'schen Lösung die oben vorgeschriebene grosse Alkalimenge von vornherein zugesetzt wird. Gewisse Salze, Kalium-, Natriumchlorid etc. stören die Reaction; doch sind dieselben in Trinkwässern niemals in hinreichender Menge vorhanden, um diesen Einfluss äussern zu können. — Zu berücksichtigen ist dagegen, dass die Methode wie erwähnt, nur für minimale Ammoniakmengen brauchbar ist; bei Anwesenheit grösserer Quantitäten würde die nöthig werdende starke Verdünnung und dadurch verursachte Multiplicirung aller unvermeidlichen kleinen Fehler die Genauigkeit der Methode sehr beeinträchtigen. —

Indication der Methode.

b) Methode von Miller, im Anschluss an die Bestimmung des Albuminoid-Ammoniaks.

Die zweite Methode, von MILLER[9] angegeben, sucht den Fehler, den verschiedene Mengen Alkali bei der Beurtheilung der Färbung ausüben, dadurch zu vermeiden, dass das Wasser mit Soda destillirt, und dass erst im Destillat die Ammonbestimmung mit NESSLER's Reagens ausgeführt wird. Das Verfahren ist dabei genau wie bei der p. 241 beschriebenen WANKLYN-CHAPMAN'schen Methode zur Bestimmung der organischen Substanzen. Die zuerst destillirten 300 cc werden in 3 Cylindern aufgefangen, an welchen die Füllung mit 100 cc durch eine Marke kenntlich ist. Alle 3 Cylinder werden dann mit NESSLER'schem Reagens versetzt und ihr Ammoniakgehalt colorimetrisch wie in der FRANKLAND'schen Methode bestimmt; die Werthe für alle 3 Cylinder werden schliesslich addirt. — Das MILLER'sche Verfahren beseitigt zwar den Einfluss des Alkalis, aber bringt andere Fehler hinzu, die leicht bedeutender werden als jener; namentlich ist es sehr nöthig, immer völlig reine Apparate zu verwenden, und ausserdem kann eine Ammoniakbildung während des Destillationsprocesses eintreten. Ausserdem aber ist die Methode erheblich umständlicher, als die FRANKLAND'sche und vermag diese Complicationen nicht durch entsprechend grössere Genauigkeit der Resultate aufzuwiegen; nur wenn so wenig Ammoniak vorhanden ist, dass eine Concentration des Wassers erwünscht erscheinen muss, ist die MILLER'sche Methode indicirt; und ausserdem wird man sie meist dann mit Vortheil anwenden, wenn die Bestimmung des „Albuminoid-Ammon's" nach WANKLYN-CHAPMANN so wie so beabsichtigt ist.

Indication der Methode.

c) Methode von Fleck, Titrirung des Quecksilberniederschlags.

Die dritte Methode, von FLECK[10] angegeben, ist zur Analyse grösserer Ammoniakmengen bestimmt. Hier wird der Niederschlag von $NHg_2J + H_2O$, welcher die Gelbfärbung bewirkt, absichtlich mit niedergerissen und es wird, damit dies sicher und vollständig geschieht, vorher sogar noch etwas schwefelsaure Magnesia zugefügt; alsdann wird der Niederschlag mit unterschwefligsaurem Natron behandelt; dieses löst das NHg_2J vollständig auf und in der Lösung kann das Quecksilber durch Titriren mit Schwefelnatriumlösung von bekanntem Gehalt bestimmt werden; der Schwefel der letzteren wird sich mit dem Quecksilber zu Schwefelquecksilber verbinden, das sich als unlöslich abscheidet; in dem Augenblick wo kein unzersetztes Quecksilberammoniumjodid mehr vorhanden ist, wird der weiter einfallende Tropfen Schwefelnatriumlösung bestehen bleiben, und dies kann sofort erkannt werden, wenn man einen Tropfen der Mischung auf Bleipapier bringt; freies Schwefelnatrium muss auf letzterem eine braunschwarze Färbung (Schwefelblei) hervorbringen. — Die Ausführung ist so, dass zu 100 cc Wasser 0,5 cc Bittersalz-

Ausführung.

lösung (1 : 10) und dann 2 cc NESSLER'sches Reagens gesetzt werden; dann lässt man absitzen, decantirt und filtrirt den Rest. Der Niederschlag wird auf dem Filter gelöst durch unterschwefligsaures Natron (1 : 8 Wasser); die Erdsalze bleiben als nunmehr weisser Niederschlag auf dem Filter zurück; man wäscht letzteres mit Wasser nach, und lässt zum Filtrat die Schwefelnatriumlösung aus einer Bürette zufliessen. Das Ende der Reaction ist schon ungefähr an der Art des Niederschlags zu erkennen; zuerst ist dieser flockig und die Flüssigkeit trübe, gegen Ende aber wird er mehr körnig, und die Flüssigkeit klärt sich; von da ab nimmt man häufiger einen Tropfen der letzteren und beobachtet dessen Wirkung auf Bleipapier am besten mittelst einer Loupe. — Die Schwefelnatriumlösung wird dadurch hergestellt, dass 10 grms einer Mischung aus gleichen Theilen trockenen Natriumcarbonats und Kaliumcarbonats mit 4 gr Schwefelpulver bis zum ruhigen Fliessen geschmolzen werden; die erkaltete Masse wird in Wasser gelöst, mit 10 gr Natriumhydrat versetzt, zum Liter aufgefüllt, umgeschüttelt und nach dem Absitzen filtrirt. Um dann den Wirkungswerth der Lösung zu bestimmen, löst man 9—10 gr Sublimat (1,355 Theile entsprechen 1 Theil Quecksilber) in 1 Liter Wasser, vermischt 10 cc dieser Lösung mit 8 cc der Lösung von unterschwefligsaurem Natron und 10 cc destillirtem Wasser und titrirt wie oben mit der Schwefelleberlösung. — Das Bleipapier bereitet man durch Tränken von Filtrirpapierstreifen in Lösung von käuflichem Bleiacetat (1 : 10) und nachfolgendes Trocknen. Bereitung der Lösungen.

Bei kleinen Ammoniakmengen wird die Verdünnung des Quecksilberammoniumjodids so bedeutend, dass die Endreaction versagt. Die Methode ist daher nur für grössere Ammoniakmengen brauchbar, wie sie höchst selten in Trinkwässern vorkommen und ergänzt in gewisser Weise die beiden vorerwähnten Methoden, die sich nur für die kleinsten Quantitäten eignen. Indication der Methode.

2) Bestimmung der salpetrigen Säure. Die salpetrige Säure kommt ebenfalls gewöhnlich nur in sehr geringen Mengen in Trinkwässern vor. Für ihren Nachweis sind eine grosse Reihe von Methoden angegeben, von denen aber wiederum nur 3 allgemeine Verbreitung erlangt haben. 2) Bestimmung der salpetrigen Säure.

PÉLIGOT[11] mass die Menge der salpetrigen Säure durch das Bleihyperoxyd, welches bei der Oxydation derselben in Lösung geht; TICHBORNE[12] wandte die Reduction der Chromsäure an; oder er liess die Nitrite durch Glühen mit Salmiak in Chlormetall übergehen, letzteres wurde bestimmt; TOUSSAINT[13] oxydirte mit überschüssigem chlorsaurem Kali und titrirte den Ueberschuss des letzteren mit Bleinitrit zurück; BRAUN[14] versetzte mit etwas Cyankalilösung, einigen Tropfen Kobaltchlorürlösung und Essigsäure, worauf sich rosaorangerothe Lösung von Nitrocyankobaltkalium bildet; SCHÖNBEIN empfahl Brenzgallussäure; oder auch durch Salzsäure und mehrfach geschwefeltes Alkali entfärbte Indigolösung;[15] VOIT und GRIESS[16] benutzten die Diamidobenzoësäure. Frühere Methoden.

Das bis vor wenigen Jahren am häufigsten gebrauchte Reagens ist Zinkjodidstärke, welche nach dem Ansäuern mit Schwefelsäure in einem Wasser, das nur Spuren von Nitriten enthält, eine blaue Färbung hervorruft. Die entstehende blaue Färbung ist bekanntlich Jodstärke, und die Einwirkung der salpetrigen Säure auf das Reagens besteht darin, dass Zinkjodidstärke.

das Jod frei gemacht und dadurch befähigt wird, sich mit der Stärke zu verbinden.

Cautelen bei der Anwendung dieses Reagens.

Selbstverständlich darf die Reaction nicht auf salpetrige Säure bezogen werden, wenn andere Körper zugegen sind, die ebenfalls das Jod aus seinen Verbindungen freimachen können (Chlor, Brom, Ozon, chlorsaure, unterchlorigsaure Salze, die aber sämmtlich fast niemals im Trinkwasser vorkommen; auch Sonnenlicht wirkt allmählich in derselben Weise zersetzend). Andererseits ist zu beachten, dass die Farbe der Jodstärke in der Hitze verschwindet, dass gewisse Salze, z. B. Alkalisulfate, die Reaction beeinträchtigen können, dass ebenso Albumin dieselbe verhindert.[17]

Bereitung desselben.

Schönbein hatte ursprünglich Jodkaliumstärke als Reagens empfohlen;[18] später wählte man die haltbarere Zinkjodidstärkelösung. Dieselbe wird bereitet, indem man 4 gr Stärkemehl mit etwas Wasser verreibt und nach und nach zu einer siedenden Lösung von 20 gr Zinkchlorid in 100 cc destillirtes Wasser setzt. Man kocht unter Ergänzung des verdampften Wassers bis die Stärke gelöst und die Flüssigkeit fast klar geworden ist; dann verdünnt man mit destillirtem Wasser, setzt 2 gr Zinkjodid zu und filtrirt.

Qualitative Prüfung.

Zur qualitativen Prüfung säuert man 100 cc Wasser mit einigen Tropfen reiner concentrirter Schwefelsäure an und fügt Jodzinkstärkelösung zu; eine blaue oder violette Färbung zeigt salpetrige Säure an. — Zur quantitativen Bestimmung ist dieselbe Reaction von Trommsdorff[19] verwerthet, und zwar geschieht dieselbe auf colorimetrischem Wege, ähnlich wie die Frankland'sche Ammoniakbestimmung durch Nessler's Reagens. 100 cc Wasser versetzt man in einem 20 cc hohen Cylinder mit 2 cc Zinkjodidstärkelösung und 1 cc verdünnter Schwefelsäure (1 : 3). Kurz vorher hat man in 4 gleichen Cylindern je 100 cc destillirtes Wasser mit 1 bis 4 cc einer Nitritlösung, von der jeder cc 0,01 mg salpetrige Säure (N_2O_3) enthält, und mit den gleichen Mengen des Reagens und der Schwefelsäure gemischt. Man stellt alle Cylinder neben einander auf weisses Papier, vergleicht die Färbungen wie bei der Ammoniakbestimmung, und fertigt je nach Bedarf Zwischenstufen an, bis Uebereinstimmung mit der Wasserprobe erreicht ist. Zu beachten ist, dass die Färbung oft erst nach längerer Zeit eintritt, und dass daher gleiche Versuchsdauer eingehalten werden muss. —

Quantitative Bestimmung nach Trommsdorff.

Vergleich mit Nitritlösung von bekanntem Gehalt.

Herstellung der Nitritlösung.

Als Nitritlösung benutzt man eine Kaliumnitritlösung, die dadurch hergestellt ist, dass 0,406 gr reines trockenes Silbernitrit (durch Mischung einer conc. Lösung von käuflichem Kaliumnitrit mit Silbernitratlösung, Abfiltriren des Niederschlags, Lösen desselben in kochendem Wasser und Krystallisirenlassen bereitet) in heissem Wasser gelöst und durch Kochsalzlösung zersetzt wird. Nach dem Erkalten wird zum Liter aufgefüllt, und wenn der Niederschlag sich abgesetzt hat, verdünnt man 100 cc der überstehenden klaren Flüssigkeit abermals auf 1 Liter; alsdann enthält 1 cc der Lösung 0,01 mill. salpetrige Säure. — Einfacher lässt sich die Lösung bereiten, wenn man ca. 2,3 gr käufliches Kaliumnitrit in 1 Liter Wasser löst und den Gehalt an Nitrit in 5—10 cc mittelst der unten zu beschreibenden Chamäleonmethode feststellt.

Nur bei ganz geringem Gehalt an Nitriten tritt eine Färbung ein, die leicht feinere Nüancirungen erkennen lässt; bei einem Gehalt von über 0,04 mill. salpetrige Säure in 100 cc Wasser ist die Farbe schon zu dunkelblau, und erfordert ein Verdünnen der Probe. Bei erheblich höherem Gehalt würde die starke Verdünnung wiederum eine solche Multiplication der Fehler veranlassen, dass die Resultate ungenau werden müssten; für derartige Fälle ist daher eine andere Methode der Nitritbestimmung vorzuziehen. Indication der Methode.

Seit einigen Jahren sind verschiedene Einwände gegen die Jodzinkstärkereaction erhoben. Der Einwand KAEMMERER's, dass Nitrate bei Zusatz von Schwefelsäure auf vorhandene organische Substanzen wirken und dadurch Nitrite gebildet werden könnten, und dass deshalb nur mit Essigsäure angesäuert werden dürfe, konnte zwar als unberechtigt zurückgewiesen werden;[20] wohl aber bestätigte sich ein anderer Einwand, nämlich der, dass die im Trinkwasser häufig spurweise vorkommenden Eisenverbindungen im Stande sind, die Jodzinkstärke zu zersetzen und Bläuung in einem Wasser hervorzurufen, das keine Spur von Nitriten enthält.[21] In Folge dieses vielseitig bestätigten Verhaltens der Eisensalze, das vermuthlich auf Sauerstoffübertragung zurückzuführen ist, hat man neuerdings eine andere Methode von gleicher Empfindlichkeit vorgezogen. Einwände gegen die Jodzinkstärke-reaction.

Dieselbe beruht auf der von GRIES entdeckten Eigenschaft des **Metaphenylendiamins** oder Metadiamidobenzols (Benzol, in dem 2 Wasserstoffatome durch die Amidgruppe vertreten sind), sich mit salpetriger Säure in Triamidobenzol, einen Körper von lebhaft gelber, bei grösserer Concentration gelbrother Farbe umzuwandeln. — Man bereitet eine wässrige Lösung des käuflich hinreichend rein zu erhaltenden Metaphenylendiamins (5 gr in 1 Liter). Zur **qualitativen** Prüfung versetzt man 100 cc Wasser mit 1 cc verdünnter Schwefelsäure (1 vol : 3 vol) und dann mit 1 cc des Reagens und beobachtet die Färbung wiederum in hohen engen Cylindern. — **Quantitativ** lässt sich die Methode genau so verwenden wie Jodzinkstärkereaction, indem man colorimetrische Vergleiche mit der Farbe von Kaliumnitritlösungen von bestimmtem Gehalt anstellt. Die Ausführung ist genau wie bei der TROMMSDORFF'schen Methode. — Auch hier lassen nur geringfügige Nitritmengen, ungefähr in denselben Grenzen wie bei der Jodzinkstärkereaction, genaue Farbenunterscheidungen zu; sobald **gelbröthliche** Färbung auftritt, ist die Wasserprobe zu verdünnen. — Von vornherein gefärbte Wasser sind vorher zu klären durch Soda- und Natronlaugenzusatz, oder durch sonstige Mittel, die Niederschläge bewirken und Trübungen mit zu Boden reissen können; gelingt die Entfärbung nicht, so muss man zu der TROMMSDORFF'schen Methode zurückgreifen und muss dann eventuell vorhandene Eisensalze vorher entfernen.[22] Metaphenylendiamin. Qualitative Prüfung. Quantitative Bestimmung.

Bestimmung der salpetrigen Säure durch Chamäleon.

Die dritte von St. GILLES, später von FELDHAUS und KUBEL angegebene Methode ergänzt die vorerwähnten in so fern, als sie gerade für grössere Mengen von Nitriten geeignet ist, für welche jene nicht mehr ausreichen; dagegen ist ein sehr geringer Gehalt an salpetriger Säure (von weniger als 0,2 mg pro Liter) durch die KUBEL'sche Methode nicht mehr nachweisbar. Dieselbe bedient sich der Chamäleonlösung, durch welche salpetrige Säure in Salpetersäure übergeführt wird. Um die Einwirkung organischer Substanzen auf das Chamäleon zu hindern, muss man bei gewöhnlicher Temperatur, zwischen 15 und 25° operiren; und ausserdem möglichst rasch verfahren. 100 cc des zu prüfenden Wassers werden mit 5—20 cc Chamäleonlösung und 5 cc verdünnter Schwefelsäure (1:3) versetzt, so dass deutliche Röthung besteht; dann wird ein Ueberschuss von titrirter Eisenammonsulfatlösung zugefügt, und die entfärbte Lösung wieder bis zur schwachen Röthung titrirt. — Die zur Oxydation des Eisensalzes erforderlichen CC werden von der Gesammtmenge der verbrauchten CC Chamäleonlösung abgezogen und die Differenz mit 1,9 multiplicirt, um die im Liter enthaltenen Milligramme salpetriger Säure zu finden.[23] —

Indication der Methode.

Ausführung.

Bereitung der Lösungen.

Die erforderlichen Reagentien werden folgendermassen bereitet: die Eisenlösung ($^1/_{100}$ Normal-) durch Auflösen von 3,92 gr reinem, trockenem Eisenammoniumsulfat in 1 Liter ausgekochten und wieder erkalteten Wassers; die Chamäleonlösung durch Auflösen von 0,34—0,36 gr Kaliumpermanganat in 1 Liter Wasser; 40 cc der Eisenlösung werden dann auf 100 cc verdünnt, mit 5 cc verdünnter Schwefelsäure versetzt und mit der Chamäleonlösung bis zur schwachen Röthung titrirt; nach dem Resultat der Titrirung verdünnt man die Chamäleonlösung noch so weit, dass 1 cc gerade 1 cc der Eisenlösung entspricht; in diesem Falle zeigt dann jeder CC Chamäleonlösung 0,19 milligr. salpetriger Säure an. — In Ermangelung reinen Eisensalzes kann der Titer der Chamäleonlösung auch mit der oben beschriebenen Oxalsäurelösung (s. p. 243) eingestellt und von da aus die Eisenlösung titrirt werden.

Die letztbeschriebene Methode wird ausserdem mit Vortheil verwandt, um den Gehalt der Lösung von Kaliumnitrit, welche zu den anderen Methoden erforderlich ist und ihren Titer leicht ändert, zu bestimmen. —

3) Bestimmung der Salpetersäure.

3) Bestimmung der Salpetersäure.

Die Methoden zum Nachweis und zur quantitativen Bestimmung der Salpetersäure sind so zahlreich, und die Anschauungen über die Vorzüge der einzelnen Methoden gehen so weit auseinander, dass es zweckmässig erscheint, zunächst eine systematische Uebersicht der Methoden zu geben. Dabei sollen nur diejenigen berücksichtigt werden, welche vorzugsweise für die Untersuchung des Wassers benutzt worden sind; diese lassen sich zum weitaus grössten Theil unter 3 Gruppen rubriciren, und werden dadurch leichter übersichtlich (vgl. EDER, Zeitschr. f. anal. Ch. 16, 267).

Uebersicht der Methoden.

Erste Gruppe. Man lässt einen reducirend wirkenden Körper durch die Salpetersäure oxydiren und bestimmt die Salpetersäure aus der Menge des oxydirten Körpers, resp. des nicht oxydirten Restes.

1. Oxydation von Eisenoxydul.
entweder wird das Nitrat durch überschüssiges Eisenoxydulsalz zersetzt; das unzersetzte Eisenoxydul wird bestimmt (Pelouze, Mohr, Abel u. Bloxam, Fresenius, Ungerer).[24]
oder nach Zusatz von überschüssigem Eisenoxydulsalz wird das gebildete Eisenoxyd bestimmt (Braun, Fresenius, Holland).[25]
oder man titrirt mit Eisenoxydullösung bis zu einer auffälligen Endreaction, z. B. bis ein herausgenommener Tropfen Ferridcyankalium bläut (Grossart, Mohr, Fresenius).[26]
2. Oxydation von Chromoxyd zu Chromsäure (Wagner, Eder).[27]
3. Oxydation von Zinnchlorür. Der Rest des überschüssig zugesetzten Salzes wird mit Kaliumchromat zurücktitrirt (Pugh, Miller, Sckenk u. Chapman).[28]
4. Oxydation von organischer Substanz. Der Verdampfungsrückstand des Wassers wird mit Kaliumsulfat behandelt, dann mit Zucker geglüht und die Salpetersäure aus dem gebildeten kohlensauren Kali berechnet (Fleck).[29]
5. Auflösen von Blattgold unter Zusatz von Salzsäure; das gelöste Gold durch Zinnchlorür nachgewiesen (nur qualitativ) (Vogel).[30]

Zweite Gruppe. Die Salpetersäure wird durch reducirende Körper in andere N-verbindungen, salpetrige Säure, Stickoxyd, Stickstoff, oder Ammoniak übergeführt; diese werden quantitativ bestimmt.
1. Ueberführung in salpetrige Säure.
durch Zink und Schwefelsäure; Bestimmung der salpetrigen Säure durch Jodkaliumstärke (Schönbein).[31]
2. Ueberführung in Stickoxyd.
   a. durch Eisenchlorür
   entweder wird das Stickoxyd gemessen (Schlösing, Schulze, Wulfert, Tiemann).[32]
   oder das Stickoxyd wird wieder in Salpetersäure übergeführt und diese acidimetrisch bestimmt (Schlösing, Fresenius, Frühling, Grouven, Schulze, Reichardt).[33]
   b. durch Chromoxyd (Wagner).[34]
   c. durch Quecksilber und conc. Schwefelsäure (Crum, Frankland u. Armstrong, Warington, Davis, Lunge).[35]
3. Ueberführung in Stickstoff; durch Glühen des Rückstandes mit Kupfer (Weltzien).[36]
4. Ueberführung in Ammoniak.
Durch Zink und Schwefelsäure (Martin, Krocker u. Dietrich; als ungenau nachgewiesen von Fresenius, Terreil).[37]
Durch Natriumamalgam (Blunt).[38]
Durch platinirtes Zink und Kalilauge (F. Schulze)[39] (entweder wird das Ammoniak gemessen oder das Wasserstoffdeficit).
Durch Aluminium und Natronlauge (Chapmann).[40]
Durch eine mit Kupfer überzogene Zinkplatte (Thorp's Process).[41]
Durch Eisen- und Zinkfeile, Kaliumhydrat und Alkohol (Wolf, Siewert, Harcourt, Schneider, Reichardt, Nessler, Hager, Fuchs, Pavesi).[42]

Dritte Gruppe. Methoden, welche auffällige Farbenveränderungen, die durch Salpetersäure an gewissen Körpern hervorgerufen werden, zur Bestimmung der Salpetersäure verwerthen.

1. Phenylschwefelsäure; verursacht bei Gegenwart von Nitraten röthlich braune Färbung (Sprengel, Lindo).[43]
2. Schwefelsaures Anilin. Giebt mit Spuren von Nitraten und conc Schwefelsäure rosenrothe Färbung (Braun, Boettger, Reichardt).[44]
3. Brucin giebt mit Schwefelsäure und den geringsten Spuren von Nitraten rosenrothe Färbung (Kersting, Luck, Schönn, Nicholson, Reichardt).[4]
4. Indigo; wird durch Zusatz von Nitraten und Schwefelsäure entfärbt (Marx Goppelsröder, Trommsdorff, Scheurer-Kestner, List, Müller, Struve Reichardt, van Bemmelen).[46]
5. Pyrogallussäure; giebt mit Schwefelsäure und Spuren von Nitraten Violet färbung (Horsley Test, in England gebraucht).[47]

Auf abweichenden Principien beruhen endlich noch die Methoden von Fuchs der den Abdampfrückstand mit Schwefelsäure destillirt, in Wasser mit kohlensauren Baryt auffängt, und von der Menge der löslich gewordenen Barytsalze ($Ba(NO_3)$ und $BaCl_2$), die dem gesondert ermittelten Chlor entsprechende Barytmenge abzieht;[4] und von Noellner, der mit Ammoniumsulfat erwärmt und das gebildete salpeter saure Ammoniak in absoluten Alkohol aufnimmt.[49]

Aus den hier zusammengestellten Methoden sollen nur einige wenige beschrieben werden, die entweder durch ihre Genauigkeit, selbst bei Gegenwart der verschiedenen sonst im Wasser enthaltenen Stoffe, oder durch die Einfachheit der Ausführung sich besonders zur hygienischen Trinkwasseranalyse eignen. — Vorausgeschickt mus werden, dass bei der Mehrzahl der Methoden nicht die Nitrate allein, sondern gleich zeitig die Nitrite bestimmt werden; doch ist bei dem gleichartigen Charakter beide Säuren diese Zusammenfassung fast stets eine erwünschte.

a) Bestimmung durch Brucin. Qualitativer Nachweis.

a) Hauptsächlich zum scharfen qualitativen Nachweis dient di Brucinreaction. 3—4 Tropfen des Wassers werden in einem kleinen Porcellanschälchen mit eben so viel Tropfen einer gesättigten Brucin lösung oder einer Lösung von schwefelsaurem Brucin (1 : 300) und mi 6—8 Tropfen salpetersäurefreier, concentrirter Schwefelsäure versetzt Bei Anwesenheit von Spuren von Nitraten färbt sich das Gemisch hell rosa. — Man kann auch die Prüfung zweckmässig so anstellen, dass man 1 cc des Wassers in einer kleinen Porzellanschale verdampft, den Rück stand mit 2 Tropfen reiner concentrirter Schwefelsäure befeuchtet und dann ein Körnchen Brucin, von der Grösse eines Stecknadelkopfs, ein fallen lässt; noch bei $^1/_{100}$ mg Salpetersäure im Liter zeigt sich an dem Körnchen ein Rosaschimmer.

Quantitative Bestimmung.

Um annähernd die Menge von Nitraten in einem Wasser abzuschätzen nimm man nur 1 oder $^1/_2$ Tropfen des Wassers, 1—2 Tropfen Brucinlösung und tröpfel conc. Schwefelsäure hinzu; bei starkem Gehalt an Nitraten tritt die Reaction scho nach dem ersten Tropfen Schwefelsäure ein, bei geringem Gehalt erst nach 4 bi 5 Tropfen. — Oder aber man stellt als Vergleichsflüssigkeit eine Lösung von Ka liumnitrat von 10—20 milligr. im Liter her und vergleicht die mit dieser bei gan gleicher Behandlung entstehende Färbung mit der des Wassers. — Längeres Er wärmen der Mischung beschleunigt die Reaction. — Zu beachten ist, dass auch ver schiedene andere oxydirende Agentien, namentlich chlorsaure Salze, chromsaure Salze Chlorwasser, Wasserstoffsuperoxyd etc. dieselbe Färbung mit Brucin geben. Ma

kann eventuell die Differentialdiagnose sichern durch nachträglichen Zusatz von Zinnchlorür, welcher die von Nitraten herrührende Rosafärbung in Violett verwandelt, bei den letztgenannten Körpern aber Entfärbung verursacht.

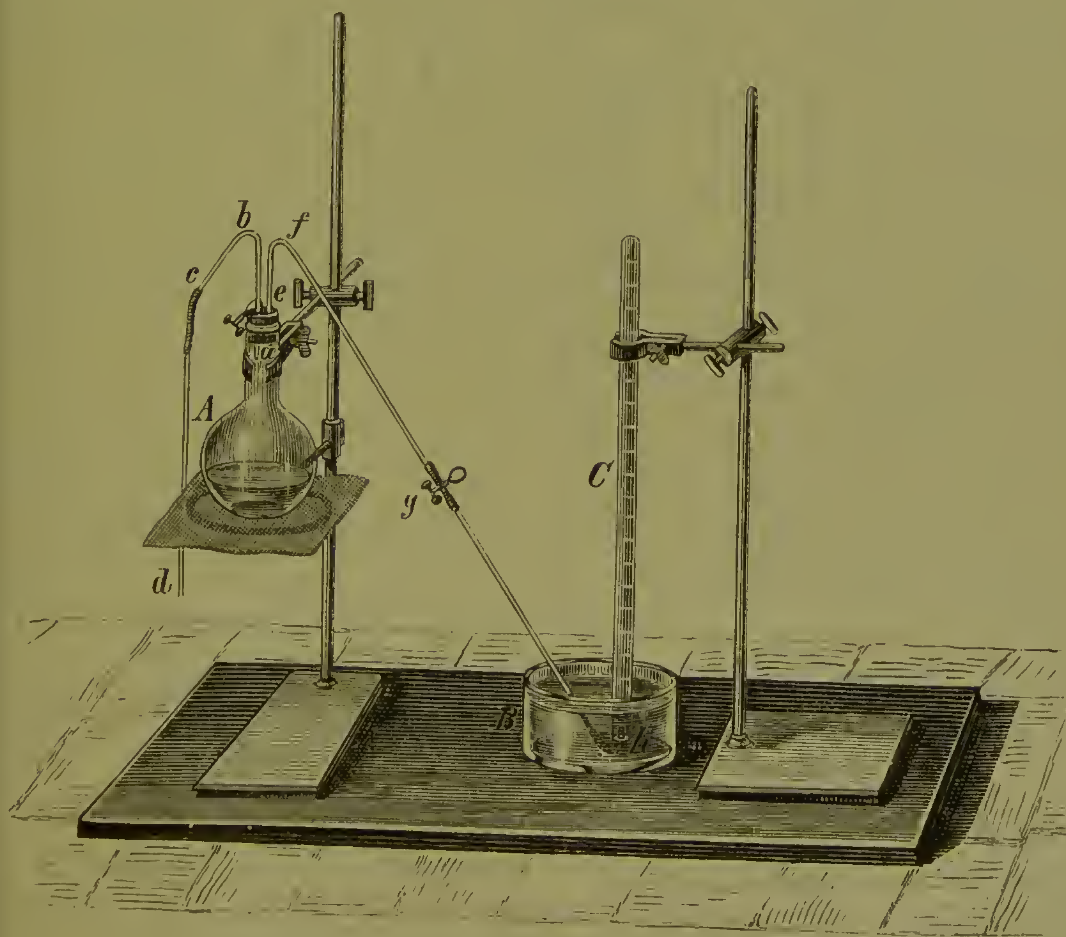
b) Eine etwas weniger empfindliche und gleichfalls leicht auszuführende Methode zum Nachweis der Salpetersäure (bei Abwesenheit von salpetriger Säure) besteht darin, dass man 100 cc Wasser mit einigen Tropfen concentrirter Schwefelsäure ansäuert, ein Stück reines Zink in die Flüssigkeit bringt und Jodzinkstärkelösung zufügt. Der entwickelte Wasserstoff reducirt die Salpetersäure zu salpetriger Säure und diese bewirkt in bekannter Weise Blaufärbung der Flüssigkeit.

b) Nachweis von Nitraten durch Reduction zu Nitriten.

c) Eine genaue quantitative Bestimmung der Salpetersäure bietet die Methode von SCHULZE in der TIEMANN'schen Modification. Dieselbe beruht auf der Ueberführung der Salpetersäure in Stickoxyd durch Salzsäure und Eisenchlorür und Messung des über ausgekochter Natronlauge als Sperrflüssigkeit aufgefangenen Stickoxyds.

c) Quantitative Bestimmung der Salpetersäure nach Tiemann.

Fig. 54.



Salpetersäurebestimmung nach SCHULZE-TIEMANN.

100—300 cc des zu prüfenden Wassers werden auf 50 cc (bei sehr geringem Salpetersäuregehalt noch stärker) eingedampft und in einen etwa 150 cc fassenden Kochkolben von starken Wandungen gebracht; das Ab-

Ueberführung der Salpetersäure in Stickoxyd durch Eisenchlorür und Salzsäure, Messung des Stickoxyds.

dampfgefäss wird einige Male nachgewaschen. Den Kolben *A* verschliesst man mit einem doppelt durchbohrten Kork; in der einen Bohrung steckt die Glasröhre *abc*, die bei *a* etwa 2 cm unter dem Stopfen mit einer nicht zu feinen Spitze endet; durch die andere geht die Röhre *efg*, die mit der unteren Fläche des Stopfens glatt abschneidet; bei *c* und *g* sind Kautschuckverbindungen mit Quetschhähnen; das untere Ende von *gh* ist mit Kautschuckschlauch überzogen, um die Röhre vor dem Zerbrechen zu schützen. Ihr aufwärts gekrümmtes Ende kann unter die Oeffnung einer in $^1/_{10}$ cc getheilten Gasmessröhre *C* eingeschoben werden, die wie die Wanne *B* mit 10 procentiger ausgekochter Natronlauge gefüllt ist. — Man kocht nun bei offenen Röhren das Wasser noch weiter ein; nach einiger Zeit bringt man das Entwicklungsrohr *efgh* in die Natronlauge (aber ohne dasselbe in das Gasmessrohr einzuführen), so dass die Wasserdämpfe durch diese entweichen. Die Wasserdämpfe verdrängen allmählich die Luft aus dem Kochkolben und den Röhren, und zwar muss dies möglichst vollständig geschehen, weil sonst demnächst mit dem entwickelten Stickoxyd Luftblasen in's Gasmessrohr übertreten und das abgelesene Gasvolum vergrössern würden. Man schliesst nun versuchsweise das Rohr *fgh* bei *g* mit dem Finger; ist schon alle Luft aus der Röhre ausgetrieben und nur noch Wasserdampf vorhanden, so wird dieser sehr rasch von der Natronlauge absorbirt werden und letztere wird in die Röhre wie in ein Vacuum aufsteigen und gegen den schliessenden Finger anschnellen. Hat man diesen Anschlag deutlich gefühlt, so schliesst man nunmehr bei *g* mit dem Quetschhahn und lässt von da an die Wasserdämpfe nur durch das andere Rohr *bcd* entweichen; auch dieses wird mit dem Quetschhahn bei *c* geschlossen, sobald das Wasser im Kolben bis auf etwa 10 cc eingedampft ist. Dann entfernt man die Flamme; durch die nun allmählich eintretende Condensation des Wasserdampfs entsteht bei weiterer Abkühlung eine Druckverminderung im Kolben, die sich in der Einziehung und im Zusammenfallen der Kautschuckschläuche ausspricht. Jetzt bringt man zunächst das Entbindungsrohr *fgh* unter das Gasmessrohr *C*; dann füllt man die Röhre *dc* mittelst der Spritzflasche so vorsichtig mit Wasser, dass bei *c* möglichst keine Luftblase zurückbleibt. Vorher hat man ein kleines Becherglas mit nahezu gesättigter Eisenchlorürlösung (durch Lösen eiserner Nägel in warmer Salzsäure bereitet) bis zu einer Marke gefüllt; durch eine zweite, tiefer befindliche Marke ist das Volum von etwa 20 cc begrenzt; ferner hat man 2 andere kleine Gläser mit concentrirter Salzsäure gefüllt. Man taucht nun das Rohr *dc* in die Eisenchlorürlösung und öffnet den Quetschhahn bei *c*; der Luftdruck wird die Lösung in's Kölbchen hinübertreiben; sind 20 cc aspirirt, so schliesst man den Quetschhahn, führt das Rohr *cd* in

Ausführung der Methode.

das eine Becherglas mit Salzsäure und lässt diese und schliesslich die in dem zweiten Glase befindliche aspiriren. Man fängt nun wieder an das Kölbchen zu erwärmen; nach einiger Zeit beginnen die Kautschuckschläuche sich aufzublähen und zeigen dadurch an, dass ein Ueberdruck im Kolben vorhanden ist. Von da ab ersetzt man den Quetschhahn *g* durch den Finger und lässt, sobald ein deutliches Andrängen fühlbar wird, langsam das entwickelte Stickoxydgas in die Messröhre übertreten; Wasserdampf, und vor allem Salzsäuredampf wird von der Natronlauge absorbirt, und zwar so heftig, dass kleine Erschütterungen der Entbindungsröhre, begleitet von knatterndem Geräusch, auftreten; ist letztere indess vorschriftsmässig mit Kautschuckschlauch überzogen, so ist ein Zerschlagen des Rohrs nicht zu befürchten. — Das Stickoxyd, das von der Natronlauge so gut wie gar nicht absorbirt wird, sammelt sich in dem Gasmessrohr; wenn sein Volum sich längere Zeit hindurch constant hält, führt man das Rohr *g h* aus der Natronlauge heraus, löscht die Flamme und bereitet die Ablesung des aufgefangenen Volums vor. Zu dem Zweck wird das Rohr *C*, nachdem ein kleines Porcellanschälchen mit Natronlauge unter seine untere Oeffnung gebracht ist, in einen grösseren mit Wasser von circa 15—20° gefüllten Cylinder übergeführt und ganz in das Wasser eingesenkt. Nach 20 Minuten kann man annehmen, dass das Gasvolum die Temperatur des Wassers angenommen hat; man liest diese mit einem empfindlichen Thermometer ab und notirt gleichzeitig den Barometerstand. Dann greift man, möglichst ohne durch directe Berührung mit der Hand die Temperatur zu verändern, die Röhre, zieht sie so weit vor, dass die Flüssigkeit in und ausser der Röhre in einem Niveau liegt und liest an der Theilung des Rohres das Volum des Stickoxyds ab. Dieses Volum ist dann, genau in der auf pag. 138 beschriebenen Weise, auf 0° Temperatur und 760 mm Barometerstand zu reduciren. — 1 cc Stickoxyd bei 0° und 760 mm Barometerst. ist = 2,413 mgr Salpetersäureanhydrid (N_2O_5); die Zahl der gefundenen CC ist daher mit 2,413 zu multipliciren, um die Menge von Salpetersäure, die in der zum Versuch verwendeten Quantität Wasser enthalten ist, in Milligrammen zu erhalten. —

Ablesung des aufgefangenen Volums Stickoxyd.

Berechnung der Resultate.

d) Nach der Reichardt'schen Modification dieses Verfahrens wird das gebildete Stickoxyd durch Sauerstoff in Salpetersäure übergeführt und dann mit Natronlauge oder Barytwasser acidimetrisch bestimmt. Zur Aufnahme des Stickoxyds bedient man sich dabei eines Recipienten, der aus 2 hohen, engen Flaschen besteht, die theilweise mit 10procentiger Natronlauge gefüllt und mittelst mehrerer die Korke durchbohrender Röhren unter einander, mit dem Kochkolben und mit einem zweiten, durch Wasserdämpfe luftleer gemachten Kolben verbunden werden können. Alle Luft aus dem Recipienten und den anhängenden Röhren ist zunächst durch Wasserstoff zu verdrängen; man lässt dann das ganz nach Art der vorbeschriebenen

d) Reichardt's Modification der Salpetersäurebestimmung nach Tiemann.

Methode entwickelte Stickoxyd in den Recipienten übertreten und treibt es von da in den zweiten Kolben; mittelst Wasserstoffs wäscht man die Reste des Stickoxyds aus dem Recipienten in den Kolben hinüber. Dann lässt man in letzteren noch aus einem Gasometer Sauerstoff aufsaugen, bis keine rothen Dämpfe mehr entstehen (vorübergehende Bildung von Untersalpetersäure), und titrirt schliesslich die Säure nach den auf p. 134 gegebenen Vorschriften. — Die Methode ist einfach, sobald ein Laboratorium vorhanden ist, in dem die Bereitung von Wasserstoff und Sauerstoff keine Schwierigkeiten macht. Für den Zweck des vorliegenden Buches sind diese Complicationen jedoch zu bedeutend, um eingehendere Beschreibung des Verfahrens zu gestatten, zumal die Genauigkeit der Resultate durchaus nicht grösser ist als bei der TIEMANN'schen Methode.[50]

e) Bestimmung der Nitrate durch titrirte Indigolösung.

e) Die bisher abgehandelten Bestimmungsweisen der Salpetersäure liefern zwar exacte Zahlen, setzen aber immerhin eine gewisse Uebung in chemischen Arbeiten voraus. Für solche Fälle, wo es auf etwas weitere Fehlergrenzen nicht ankommt, bedient man sich mit Vortheil eines weit einfacheren Verfahrens, nämlich der **Bestimmung der Salpetersäure mittelst titrirter Indigolösung.** — Das tiefe Blau der letzteren verschwindet, wenn sie in höherer Temperatur mit einer Nitratlösung, die stark mit concentrirter Schwefelsäure angesäuert ist, versetzt wird; und zwar liegt dieser Erscheinung die Oxydation des Indigos durch die Salpetersäure zu ungefärbten Producten zu Grunde.

Princip und Fehlerquellen der Methode.

Jedoch geht die Oxydation nur unter gleichen Bedingungen, bei gleicher Zeitdauer, bei demselben Säureverhältniss, und namentlich bei ein und derselben Temperatur in vergleichbarer Weise vor sich und es ist daher stets auf genaue Einhaltung constanter Bedingungen zu achten. Ausserdem bewirken gleichzeitig im untersuchten Wasser vorhandene leicht zersetzliche, organische Stoffe bei Gegenwart concentrirter Schwefelsäure ebenfalls eine Reduction der Salpetersäure und können dadurch, je nach ihrer Menge, den Verbrauch an Indigolösung verringern und das Resultat beeinträchtigen. Bei **erheblichen** Mengen organischer Substanzen ist daher vor der Salpetersäurebestimmung die Oxydirung wenigstens eines Theils der organischen Stoffe durch Chamäleon erforderlich. — Die Anwesenheit von Chloriden im Wasser erhöht dagegen die Schärfe der Reaction; fehlen dieselben, so ist zweckmässig eine entsprechende Menge Kochsalz zuzufügen. — Mit solchen Cautelen ausgeführt, liefert die Methode in den meisten Fällen nur bis 5 %, bei sehr stark verunreinigten Wässern bis 15 % Fehler. —

Bereitung der Indigolösung.

Die Indigolösung wird dadurch bereitet, dass 1 Theil reines Indigotin allmählich in 6 Theile rauchender Schwefelsäure eingetragen wird unter Vermeidung starker Erwärmung; nach dem Absitzen giesst man die Flüssigkeit in die vierzigfache Menge destillirtes Wasser, filtrirt und verdünnt so weit, dass die Lösung in 12—15 mm dicken Schichten anfängt

durchsichtig zu werden. Dieselbe wird dann titrirt mittelst einer Lösung von Kaliumnitrat (1,871 gr in 1 Liter Wasser; 1 cc enthält = 1 mg N_2O_5). Von dieser vermischt man in einem Kochkolben 1 cc mit 23 cc destillirten Wassers und 1 cc einer einprocentigen Kochsalzlösung, und setzt schnell 50 cc reine concentrirte Schwefelsäure zu; dadurch erwärmt sich das Gemisch so stark, dass weiteres Erhitzen überflüssig ist. Man lässt nun unter fortwährendem Schütteln des Kolbens aus einer Bürette die Indigolösung zufliessen, ohne dabei unnöthig zu zögern, bis eine bläulichgrüne Färbung des Gemisches erscheint. Sogleich präparirt man dann eine Wiederholung des Versuchs, lässt aber diesmal die eben gebrauchte Indigolösung in einem Strahle in die Flüssigkeit einlaufen; meistens wird jetzt, lediglich wegen der raschen Manipulation, noch nicht Grünfärbung eingetreten sein, sondern man wird noch etwas mehr Indigolösung bis zu derselben Endreaction verbrauchen. Aus dem letzten Resultat berechnet man den Gehalt der Indigolösung und verdünnt sie eventuell noch weiter; dieselbe soll etwa so stark sein, dass 6—8 cc einem Milligramm Salpetersäure entsprechen. — Der Versuch wird zweckmässig mit stärkeren Gemischen (2 cc der Nitratlösung und 22 cc Wasser, 3 cc und 21 cc etc.) wiederholt, welche die doppelte, dreifache etc. Indigomenge verbrauchen müssen. Feststellung des Titers.

Zur Ausführung der Bestimmung nimmt man jedesmal 25 cc des zu prüfenden Wassers und verfährt genau wie mit den künstlichen Nitratgemischen. Findet sich ein Gehalt von über 4 milligr. Salpetersäure in 25 cc, so verdünnt man das Wasser zweckmässig mit destillirtem Wasser und wiederholt dann die Bestimmung. — Die Berechnung erfolgt einfach nach Massgabe des Titers der Indigolösung. Ausführung der Bestimmung.

Hat die Prüfung auf organische Substanzen mittelst der Kubel'schen Methode (pag. 245) ergeben, dass zahlreiche zersetzliche organische Stoffe vorhanden sind, so benutzt man die Wasserprobe, die zu jener Prüfung gedient hat. Die dabei angewendeten 100 cc werden nach dem Erkalten in eine Maassflasche von 150 oder 200 cc gespült, dann bis zur Marke verdünnt, und von dieser Mischung werden 25 cc zur Titrirung mit Indigo genommen; entsprechend der vorgenommenen Verdünnung des ursprünglichen Wassers ist dann das erhaltene Resultat mit 6 resp. 8 zu multipliciren. Modification bei viel organischer Substanz.

In dieser Form ist die Methode für die Mehrzahl der Trinkwasseruntersuchungen im hygienischen Interesse vollkommen ausreichend, da es hierbei auf Fehler in den erwähnten Grenzen nicht ankommt; nur für die genaue Ermittlung namentlich sehr geringer Nitratmengen ist die Tiemann'sche Methode zu wählen. Doch schickt man auch dann zweckmässig eine Indigotitrirung voraus, um durch dieselbe zu erfahren, wie stark ungefähr der Salpetersäuregehalt des Wassers ist und in welchem Grade dementsprechend eine Concentration des Wassers zu erfolgen hat, um dasselbe für die Analyse mittelst des Tiemann'schen Verfahrens geeignet zu machen. — Indication der Methode.

Nach Bemmelen werden die Resultate erheblich genauer, wenn die Schwefelsäure stets das Doppelte der wässerigen Flüssigkeit beträgt und wenn die rechte Menge Indigo gleich dem Wasser zugesetzt wird. Durch die Einhaltung dieser

f) Bestimmung der Salpetersäure durch Ueberführung in Stickoxyd mittelst Quecksilber und Schwefelsäure.

Bedingungen geht indess die grössere Einfachheit der Methode gegenüber dem TIEMANN'schen Verfahren gänzlich verloren. —

f) In neuester Zeit ist die ursprünglich von CRUM angegebene Methode erheblich vereinfacht und namentlich auch zur Verwendung bei Trinkwasseranalysen empfohlen. Dieselbe beruht auf der Ueberführung der Salpetersäure in Stickoxyd durch Schütteln mit Quecksilber und conc. Schwefelsäure und volumetrischer Bestimmung des Stickoxyds. LUNGE bedient sich zur Ausführung der Methode des Nitrometer's, eines Apparats, der der BUNTE'schen Gasbürette ähnlich ist und aus 2 an einem Stativ befestigten bürettenähnlichen Rohren besteht, deren untere Enden durch einen Kautschuckschlauch verbunden sind; das eine derselben ist fein graduirt und läuft oben in einen Trichter aus, der durch einen Glashahn von der Bürette getrennt wird. Dieser Hahn hat 2 Bohrungen; eine führt nach unten und bringt Trichter und Bürette in Communication, durch die andere kann man den Inhalt des Trichters seitlich ablaufen lassen. Die graduirte Röhre wird von unten her bis zum Glashahn durch die andere Röhre mit Quecksilber gefüllt, überschüssiges, in den Trichter gelangtes Quecksilber fliesst durch die seitliche Bohrung des Hahns ab; dann bringt man eine grössere Portion des zu untersuchenden Wassers unter Zusatz von etwas Schwefelsäure bis fast zur Trockene, spült die restirenden 2—3 cc in den Trichter der Bürette, lässt durch entsprechende Stellung des Hahns dieselben in die Bürette herablaufen und wäscht mit Schwefelsäure nach; sodann wird das Rohr kräftig geschüttelt und das Volum des Stickoxyds abgelesen, nachdem man durch Verschieben der nicht graduirten Röhre das Quecksilber in beiden Röhren auf gleichen Stand gebracht hat. — Besondere Tabellen erleichtern die Reduction des abgelesenen Gasvolums. — Die Methode hat von dem Vorwurf, dass organische Substanzen, die in irgend erheblicher Menge im Trinkwasser vorhanden sind, bedeutende Verluste und ungenaue Resultate verursachen, noch nicht völlig gereinigt werden können; musste vorläufig von einer eingehenderen Beschreibung Abstand genommen werden, obwohl die Einfachheit und Schnelligkeit der Ausführung eine solche befürwortet.

Lunge's Nitrometer.

4) Bestimmung der Kohlensäure.

4) Bestimmung der Kohlensäure. In ähnlicher Weise wie die Nitrate als Oxydationsproducte des Stickstoffs organischer Substanzen das Interesse erweckt haben, ist auch die Kohlensäure wesentlich in ihrer Eigenschaft als Oxydationsproduct des Kohlenstoffs der organischen Stoffe häufig in den Bereich der Analyse gezogen. — Die Kohlensäure ist im Wasser in 3 verschiedenen Formen enthalten: Theils an Alkalien und Erden fest gebunden; theils in halbgebundenem Zustande,. doppelt-kohlensaure Salze bildend, die für jeden Theil festgebundener Kohlensäure noch einen gleichen Gewichtstheil CO_2 locker gebunden enthalten; theils in freiem, gar nicht an Salze gebundenem Zustande.

a) Bestimmung der gesammten CO_2.

Die Gesammtmenge der CO_2, die freie, halbgebundene und gebundene zugleich, bestimmt man nach dem Verfahren von FRESENIUS: Mit Kalkhydrat oder Aetzbaryt kann man die freie und halbgebundene CO_2 fällen, dann filtriren; den Niederschlag in geeignetem Apparat mit Salzsäure behandeln, dadurch die CO_2 austreiben und diese in gewogenen Absorptionsapparaten auffangen.[51]

b) Bestimmung der fest gebundenen CO_2.

Die Menge der fest gebundenen CO_2 ermittelt man durch Titriren mit Normalsäure, die man zusetzt, bis starke Röthung eines Lakmuspapiers den ersten überschüssigen Tropfen Schwefelsäure anzeigt.[52] Kohlensäure reagirt auf Lakmus so

schwach, dass die Endreaction dadurch nur wenig gestört wird. (Vgl. jedoch unten die Bestimmung der Kieselsäure). — Ferner kann die gebundene CO_2 berechnet werden aus der sog. temporären Härte (s. unter Kalk und Magnesiabestimmung), was darauf beruht, dass durch Kochen die freie und halbgebundene Kohlensäure ausgetrieben werden kann. Indess ist die Austreibung schwer vollständig und dann nur unter gleichzeitiger Zersetzung der kohlensauren Magnesia zu erreichen.[53] — Enthält ein Wasser freie Kohlensäure, so sind sicher nur doppelt-kohlensaure Salze vorhanden; in diesem Falle ist dann also die Menge der halbgebundenen CO_2 gleich der Menge der gebundenen, und die erstere ergiebt sich einfach aus der Bestimmung der letzteren.

Berechnung der halbgebundenen CO_2.

Drittens lässt sich die Summe der halbgebundenen und freien CO_2 analytisch ermitteln, und zwar nach Pettenkofer's Methode.[54] Man fällt die CO_2 durch überschüssige titrirte Barytlösung und bestimmt in der vom entstandenen Niederschlag decantirten Flüssigkeit (oder in einem gemessenen Theile derselben) den Rest des Barytwassers mittelst Normalsäure. — Da aber im Wasser gewöhnlich Alkalicarbonate enthalten sind, muss man diese aus den pag. 131 entwickelten Gründen zuvor durch Chlorbarium zersetzen. Ferner wird kohlensaure Magnesia unvollständig abgeschieden und nur schwierig durch die Säure zersetzt; daher verhütet man deren Bildung durch Hinzufügung von Salmiak; an ihrer Stelle bildet sich eine äquivalente Menge Bariumcarbonat. — Die Ausführung der Bestimmung erfolgt in der Weise, dass 100 cc des unmittelbar vorher entnommenen Wassers, am besten an der Schöpfstelle, selbst in einer Glasflasche mit 3 cc einer nahezu gesättigten Lösung von Chlorbarium und 2 cc einer gesättigten Salmiaklösung versetzt werden. Dann lässt man 45 cc titrirte Barytlösung zufliessen, sodass der Gesammtinhalt der Flasche jetzt 150 cc beträgt, verschliesst mit einem Kautschuckstopfen, schüttelt um und lässt mehrere Stunden stehen, bis der Niederschlag von kohlensaurem Baryt krystallinisch geworden ist und sich vollständig abgesetzt hat. Darauf hebt man mit einer Pipette 50 cc der überstehenden klaren Flüssigkeit ab und titrirt mit Schwefelsäure oder Oxalsäurelösung unter Zusatz von Rosolsäure genau nach den pag. 134 gegebenen Vorschriften. Auch die Berechnung erfolgt in der dort beschriebenen Weise.

c) Bestimmung der halbgebundenen und freien CO_2.

Princip der Methode.

Ausführung.

Viertens endlich lässt sich auch die freie Kohlensäure des Wassers bestimmen; und zwar entweder indirect, dadurch dass man die Gesammtmenge der CO_2 bestimmt und von dieser die Menge der gebundenen und die ebenso grosse Menge der halbgebundenen CO_2 (also einfacher die doppelte Menge der nach der 2. Methode ermittelten gebundenen CO_2) abzieht;[55] oder aber man kann eine directe Bestimmung versuchen mit Hülfe der Rosolsäure, welche bei Anwesenheit von freier Kohlensäure unverändert bleibt, während doppelt-kohlensaure Salze ohne die Gegenwart freier CO_2 alkalisch reagiren und die Rosolsäure röthen. Man braucht also nur 100 cc Wasser mit Rosolsäure zu versetzen, und dann titrirtes Barytwasser zufliessen zu lassen, bis die erste schwache Röthung anzeigt, dass keine freie CO_2 mehr vorhanden ist. Aus dem Verbrauch an Barytwasser würde sich dann die

d) Bestimmung der freien CO_2, indirect,

direct.

Menge der vorhanden gewesenen freien CO_2 ergeben.[56] — Jedoch fehlt noch eine nähere Prüfung der Befähigung dieser Methode zur quantitativen Analyse. —

Ausser durch diese einfacheren Methoden lässt sich der Gehalt eines Wassers an freier und an halbgebundener CO_2 auch auf gasanalytischem Wege ermitteln; doch wird man nur dann zu diesem complicirteren Verfahren greifen, wenn auch andere gasige Bestandtheile gleichzeitig bestimmt werden sollen.

5) Bestimmung des Sauerstoffgehalts.

5) Bestimmung des Sauerstoffgehalts. Die Menge der bisher besprochenen Bestandtheile des Wassers kann aus sehr verschiedenen Ursachen schwanken, und es ist schwierig, aus einer Vermehrung derselben ein unzweideutiges Urtheil lediglich über die Intensität der fermentativen Processe zu erhalten. In neuester Zeit hat man daher besonderen Werth gelegt auf die Bestimmung des im Wasser gelösten freien Sauerstoffs, in der Annahme, dass die im Wasser oder in dessen nächster Umgebung verlaufenden fermentativen Vorgänge, ihrer Energie entsprechend, verschiedene Mengen Sauerstoff consumiren werden. — Die Methoden zur Analyse sind sämmtlich sehr complicirt und setzen grössere Uebung in Laboratoriumsarbeiten voraus; wenn dieselben im Folgenden dennoch ausführlicher mitgetheilt werden, so hat dies seinen Grund eben in der besonderen Bedeutung, die gegenwärtig den Resultaten der Sauerstoffbestimmung zugeschrieben wird.

Cautelen bei der Probenahme des Wassers.

Besondere Vorsicht ist bei der Analyse der im Wasser enthaltenen Gase auf die Probenahme und auf die Aufbewahrung der Probe zu verwenden. Die Gefässe müssen mit dem zu untersuchenden Wasser vollständig gefüllt sein, dürfen nicht zu stark gerüttelt, müssen kühl aufbewahrt und so bald als möglich der Analyse unterworfen werden.

Qualitativer Nachweis.

Zum qualitativen Nachweis des Sauerstoffs verwendet man nach Loew am besten eine alkalische Lösung von Pyrogallo-Chinon, auf deren Zusatz ein freien Sauerstoff enthaltendes Wasser blau gefärbt wird. Die reine Pyrogallussäure in alkalischer Lösung absorbirt jedoch den Sauerstoff noch begieriger. — Die Reaction ist so anzustellen, dass keine Spur Luft mit den Reagentien in Berührung kommt; ausgekochte Lösungen von Pyrogallo-Chinon und von kohlensaurem Natron bringt man über Quecksilber zu einander und lässt dann eine kleine Probe des Wassers hinzutreten.[57] —

Quantitative Bestimmung.

Zur quantitativen Bestimmung bedient man sich folgender Methoden, bei deren Beschreibung grösstentheils die Angaben von Tiemann und Preusse[58] zu Grunde gelegt sind:

a) nach gasvolumetrischer Methode.

a) Gasvolumetrische Methode. Zur Ausführung dieser Analyse müssen zunächst die im Wasser gelössten Gase, durch Kochen oder durch Mitwirkung des Vacuum, aus dem Wasser entfernt und aufgefangen werden. Zu dem Zwecke sind

Apparate zum Auffangen der Gase.

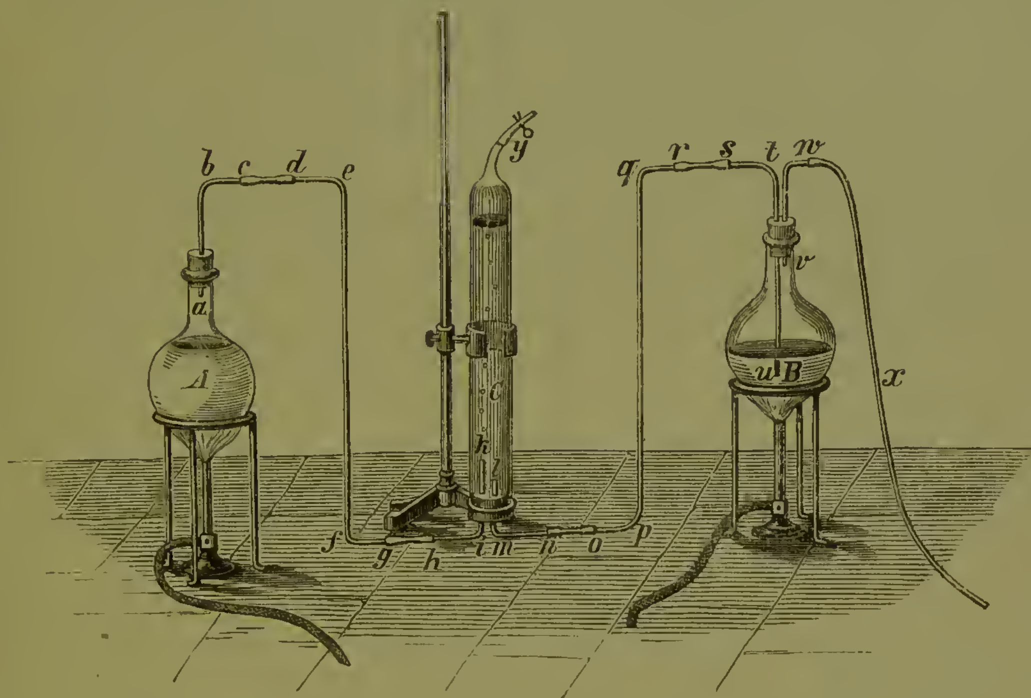
verschiedene Apparate empfohlen. Robinet[59] benutzte ein mit Quecksilber gefülltes Gasmessrohr, welches man im Wasser theilweise auslaufen lässt und dadurch mit Wasser füllt; man entfernt die Gase aus dem Wasser, indem man das Rohr an der Grenze zwischen Quecksilber und Wasser erhitzt; darauf lässt man abkühlen und vorher eine kleine Menge schweren Petroleums in die Messröhre eintreten, um

Aeltere Vorrichtungen.

eine Resorption der Gase durch das Wasser zu verhindern. — Helm[60] wandte eine zweischenklige, durch ein mittelst Hahn verschliessbares Querstück verbundene Röhre

an, in deren einen Schenkel die Gase des eingefüllten Wassers durch Kochen hinübergetrieben wurden. Mc LEOD[61] bediente sich eines complicirteren Apparats, bestehend aus einer Messröhre, einem Gefäss, in welchem das Wasser erhitzt wird, und einer SPRENGEL'schen Quecksilberluftpumpe. — Andere Vorrichtungen wurden angegeben von BUNSEN, JACOBSEN, FRANKLAND.[62] Die einfachste der brauchbaren Constructionen zeigt der im Folgenden zu beschreibende, zuerst von REICHARDT[63] empfohlene und von TIEMANN und PREUSSE modificirte Apparat.

Fig. 55.



Gasvolumetrische Bestimmung des Sauerstoffs.

Constructiou von Reichardt, modificirt von Tiemann und Preusse.

Zwei auf Dreifüssen stehende Kochflächen A und B von circa 1 Liter Capacität sind durch ein System von Glasröhren in der aus Fig. 55 ersichtlichen Weise mit dem Gassammler C verbunden. Letzterer wird durch eine Klemme gehalten, hat einen Durchmesser von 35 mm, ist circa 300 mm hoch und am oberen Ende zu einer kurzen, engen, gelinde gebogenen Röhre ausgezogen, welche durch den mit Quetschhahn versehenen Kautschuckschlauch y verschlossen werden kann. Ein doppelt durchbohrter Kautschuckstopfen verschliesst die untere Oeffnung des Gassammlers. In der einen Bohrung steckt die bei i rechtwinklig gebogene Röhre hik, welche circa 80 mm in den Gassammler hineinragt und bei h mit der Röhre $defg$ verbunden ist. Die in der zweiten Durchbohrung befindliche Röhre lmn ragt nur wenig über die obere Fläche des Kautschuckstopfens empor. — x ist ein Kautschuckschlauch von circa 1 m Länge, mit gläsernem Mundstück versehen. Ferner ist ein Quetschhahn bereit zu halten, um damit nach Belieben das Kautschuckröhrchen zwischen c und d schliessen zu können.

Vorbereitung des Apparats zum Versuch.

Zum Versuch wird dieser Apparat dadurch hergerichtet, dass man den Kolben B bis über die Hälfte mit etwa fünfprocentiger ausgekochter Natronlauge füllt; dann löst man die Kautschukverbindung bei c und entfernt die Flasche A. Durch Einblasen von Luft in den Schlauch x treibt man nun die Natronlauge von B nach C und nach den mit C verbundenen Röhren hinüber, bis aus letzteren alle Luft verdrängt ist, worauf man bei y und d durch Quetschhähne verschliesst. Die Koch-

flasche *A* füllt man bis zum Rande mit dest. Wasser, setzt den Stopfen so tief auf, dass das Wasser in *abc* hineintritt, stellt dann die Verbindung zwischen *bc* und *de* her und nimmt den Quetschhahn bei *d* ab. — Nun wird die Natronlauge im Kolben *B* zu gelindem, das Wasser in der Flasche *A* zu stärkerem Sieden erhitzt, um die absorbirte Luft auszutreiben; die Gase sammeln sich in dem oberen Theil von *C* an und von dort entfernt man sie von Zeit zu Zeit, indem man den Quetschhahn bei *y* lüftet und in den Kautschuckschlauch *x* Luft einbläst. Sobald eine Ansammlung von bei gelindem Abkühlen beständig bleibenden Gasen nicht mehr stattfindet, hört man auf *A* zu erhitzen, setzt zwischen *c* und *d* den Quetschhahn wieder auf, löst die Kautschuckverbindung bei *c* und entfernt die Flasche *A* wieder. — In diesem Zustande ist der Apparat zur Ausführung eines Versuchs bereit.

Ausführung des Versuchs.

Diese geschieht dann, indem man die erkaltete Flasche *A*, deren Capacität man kennt, mit dem zu untersuchenden Wasser füllt; das Einsetzen des Korks und die Verbindung mit der Röhre *de* wird genau wie vorhin ausgeführt; dann nimmt man wieder den Quetschhahn zwischen *c* und *d* ab, erhitzt das Wasser zum Sieden und treibt die Gase in den Gassammler *C* über. (Besser noch ist es, wenn man das zu untersuchende Wasser gleich bei der Entnahme in einen passenden Kolben füllt, und diesen mit einem Kautschuckstopfen verschliesst, in dessen Durchbohrung ein luftdicht verschiebbares, unten zugeschmolzenes Glasrohr mit seitlicher Oeffnung steckt. Je nachdem letztere innerhalb oder unterhalb des Korks sich befindet, ist Verschluss oder Communication hergestellt). Gleichzeitig mit den gelösten Gasen entwickeln sich Wasserdämpfe; man hat das Erhitzen nun so zu reguliren, dass durch das entwickelte Gemisch von Gasen und Dämpfen die Flüssigkeit aus *C* nie weiter als bis etwa zur Hälfte verdrängt wird, da man sonst Gefahr läuft, dass Gasbläschen durch die Verbindungsröhren in den Kolben *B* übertreten und verloren gehen. — Nachdem man etwa 20 Min. erhitzt hat, löscht man die Flamme unter dem Kolben *A*. Die in *A* und *C* vorhandenen Wasserdämpfe verdichten sich nach einigen Minuten und die Flüssigkeit steigt in Folge dessen aus *B* nach *C* und *A* zurück; man beobachtet, ob dabei in *A* eine beständige Gasblase zurückbleibt. Ist dies der Fall, so erhitzt man *A* von neuem. Füllt schliesslich die zurücksteigende heisse Flüssigkeit den Kolben *A* vollständig, so verbindet man mit dem Kautschuckschlauch *y* eine mit Wasser gefüllte dünne Gasleitungsröhre und treibt das über der heissen Flüssigkeit in *C* befindliche Gas durch Einblasen von Luft in *x* und Lüften des Quetschhahns bei *y* in ein Eudiometer über. Als Letzteres verwendet man zweckmässig ein mit einem Zweiweghahn versehenes U-förmiges Eudiometer; man lässt das Gas durch Auslaufen von Quecksilber ansaugen und entfernt zuerst das in der dünnen Gasleitungsröhre vorhandene Wasser durch den Zweiweghahn, so dass nur wenig Tropfen Flüssigkeit ins Eudiometer mit eindringen.

Analyse der Gase.

Die ebenfalls durch das Erhitzen ausgetriebene freie und halbgebundene CO_2 ist durch die Natronlauge absorbirt; der Rest der Gase besteht gewöhnlich nur aus Sauerstoff und Stickstoff und dann wird ersterer am besten durch Verpuffen mit Wasserstoff bestimmt; oder wenn Kohlenwasserstoffe etc. zugegen sind, verwendet man pyrogallussaures Kali zur Sauerstoffabsorption. Die Ausführung hat nach den in speciellen Anleitungen zur Gasanalyse gegebenen Vorschriften zu erfolgen. Vgl. pag. 118.

Leistungsfähigkeit der Methode.

Die Methode giebt bei hinreichender Uebung des Experimentirenden durchaus genaue Resultate; höchstens wäre es möglich, dass bei dem längeren Erhitzen des Wassers ein Theil des vorhandenen Sauerstoffs zur Oxydation organischer Substanzen verwendet würde.

b) Volumetrische Methode von Schützenberger und Risler.[61] Wenn man mit einer bestimmten Menge Wasser, welches freien Sauerstoff enthält, bei Abschluss des Sauerstoffs der Luft eine Lösung von überschüssigem indigweisssulfosaurem Natrium versetzt, so wird ein Theil des letzteren Salzes zu indigblausulfosaurem Natrium oxydirt. Diesen Antheil kann man zurücktitriren mittelst einer titrirten Lösung von hydroschwefligsaurem Natrium, welche das indigblausulfosaure Natrium reducirt und die blaue Farbe der Lösung in eine hellgelbe verwandelt, wenn alles indigblausulfosaure Natrium in indigweisssulfosaures Natrium verwandelt ist. Die bis zu dieser Entfärbung nöthige Menge von hydroschwefligsaurem Natrium zeigt unmittelbar den Gehalt des zum Versuch verwendeten Wassers an freiem Sauerstoff an, nachdem das Reductionsvermögen des hydroschwefligsauren Natriums vorher festgestellt wurde, durch eine ammoniakalische Kupferlösung von bekanntem Gehalt, von der je 2 Mol. Kupferoxydhydrat zur Reduction zu Kupferoxydul 1 Atom Sauerstoff erfordern.

b) Sauerstoffbestimmung nach der Methode von Schützenberger und Risler.

Princip.

Die erforderlichen Lösungen sind demnach: *a*) Ammoniakalische Kupferlösung. 4,469 gr zerkleinerte und zwischen Fliesspapier getrocknete Krystalle von chemisch reinem Kupfersulfat in circa 100 cc ausgekochtem Wasser gelöst, Ammoniak in Ueberschuss zugefügt und mit ausgekochtem Wasser zum Liter aufgefüllt. Je 10 cc dieser Lösung geben bei der Reduction zu Kupferoxydul 1,4336 mgr oder 1 cc (0° und 760 mm) Sauerstoff ab.

Erforderliche Lösungen: Ammoniakalische Kupferlösung.

b) Lösung von hydroschwefligsaurem Natrium. Eine käufliche Lösung von saurem schwefligsaurem Natrium wird mit dest. Wasser verdünnt bis zum specifischen Gewicht 1,25; dann in einer Flasche mit Zinkstaub 5—6 Min. geschüttelt, während das Gefäss durch Eintauchen in kaltes Wasser gegen zu starke Erwärmung geschützt wird (es bildet sich dabei schwefligsaures Natrium, schwefligsaures Zink, hydroschwefligsaures Natrium = $NaHSO_2$, und Wasser). Nach dem Erkalten verdünnt man mit dem zehnfachen Volum ausgekochten dest. Wassers, giesst von dem sich zu Boden setzenden Zink rasch ab und versetzt in einer luftdicht verschliessbaren Flasche mit Kalkmilch, bis die obere Flüssigkeit schwach aber deutlich alkalisch reagirt. Die Flasche muss dabei möglichst gefüllt sein. Nach dem Absetzen des Niederschlags (Kalkhydrat, Zinkoxydhydrat, Calciumsulfit) filtrirt man rasch durch Faltenfilter und bewahrt das klare, nahezu farblose Filtrat in kleinen, vollständig gefüllten, gut verschlossenen Flaschen auf. Die Lösung enthält neutrales hydroschwefligsaures Natrium, schwefligsaures Natrium, geringe Mengen von schwefligsaurem Calcium und Calciumhydrat. Der Gehalt an dem erstgenannten wirksamen Salze wird folgendermassen bestimmt:

Lösung von hydroschwefligsaurem Natrium.

In eine dreihalsige Woulf'sche Flasche von höchstens 200 cc Inhalt füllt man 10 cc — 25 cc der Kupferlösung. In der einen Tubulatur der Flasche steckt in der Bohrung des Korkes ein luftdicht eingefügtes, fast bis auf den Boden des Gefässes reichendes Knierohr, durch welches ein Strom von gewaschenem Wasserstoff in den Apparat tritt. Der Austritt desselben erfolgt durch eine andere Tubulatur und von da in eine kleine Waschflasche, die einen vollständigen Abschluss des im Innern des Apparats vorhandenen Gases gegen die äussere Luft herstellt. Die dritte Tubulatur trägt einen Stopfen, durch dessen Durchbohrung die Ausflussspitze der

Feststellung des Titers.

Bürette gesteckt wird; letztere füllt man mit der Lösung von hydroschwefligsaurem Natrium. Von dieser lässt man, nach dem die Luft des Apparats vollständig durch den Wasserstoff verdrängt ist, allmählich und unter Umschütteln so lange zufliessen, bis die Kupferlösung vollständig entfärbt ist. Die Entfärbung lässt sich am besten beobachten, wenn die Woulf'sche Flasche auf einem Blatt weissen Papiers steht; überschüssiges hydroschwefligsaures Natrium und höhere Temperatur sind zu vermeiden. — Nach dem Ergebniss des ersten Versuchs verdünnt man die Lösung von hydroschwefligsaurem Natrium mit soviel ausgekochtem dest. Wasser, dass etwa 5 cc zur Reduction von 10 cc der Kupferlösung erforderlich sind.

Lösung von indigblau-sulfosaurem Natrium.

c) Lösung von indigblausulfosaurem Natrium. 100 gr käufliche Indigocarminpaste werden in 2 Liter Wasser gelöst, filtrirt und so verdünnt, dass gleiche Volume der Kupfer- und der Indigolösung durch dieselbe Menge hydroschwefligsaures Natrium entfärbt werden. Die Feststellung des Gehalts der Indigolösung geschieht in der nämlichen Weise und in demselben Apparat wie die vorbeschriebene Titrirung.

Erforderlicher Apparat.

Der Apparat, welcher zur Sauerstoffbestimmung mittelst dieser Reagentien erforderlich ist, ist in Fig. 56 abgebildet. In der Porcellanschale *D* steht eine

Fig. 56.



Apparat zu Schützenberger und Risler's Sauerstoffbestimmung.

dreihalsige Woulf'sche Flasche (*C*) von etwa $1^1/_2$ Liter Capacität. Die drei Tubulaturen dieser Flasche sind durch drei doppelt durchbohrte Kautschuckstopfen *c*, *d* und *e* verschlossen. In *c* steckt ein luftdicht verschiebbares Gaszuleitungsrohr,

welches tief in die Flasche hineinragt, und ein Thermometer (*a*). In *d* können die Ausflussspitzen der Büretten *E* und *F* luftdicht eingeschoben werden. Der Bürettenverschluss wird durch ein kleines, gut abgeschmolzenes Stückchen eines Glasstabs bewirkt, welches in den Kautschuckschläuchen steckt; derselbe lässt sich öffnen, indem man den Schlauch an der durch das Glasstückchen verschlossenen Stelle zur Seite zieht, so dass eine Rinne für den Abfluss entsteht. — Im Stopfen *e* befindet sich in der einen Durchbohrung ein bis fast auf den Boden der Flasche *C* reichendes, durch einen Glashahn verschliessbares Trichterrohr *b*, welches zum Einlassen des zu untersuchenden Wassers bestimmt ist; in der zweiten Durchbohrung von *e* steckt ein dicht unter dem Stopfen endigendes Gasableitungsrohr; dasselbe führt zur Waschflasche *G*, durch welche das Innere von *C* ganz von der äusseren Luft abgeschlossen werden kann. *A* ist ein Kipp'scher Wasserstoffentwicklungsapparat, *B* eine Waschflasche, welche man zur Hälfte mit verdünnter Natronlauge füllt, um jede Spur aus *A* mitgerissener Säure zurückzuhalten. — Die Bürette *E* dient zur Aufnahme der Lösung von hydroschwefligsaurem Natrium; ihr oberes Ende ist durch einen zur Hälfte mit Bimssteinstücken und einer Lösung von pyrogallussaurem Kali gefüllten Waschapparat *f* verschlossen, um die bei dem Abfliessen der Lösung aus der Bürette von aussen nachgesogene Luft möglichst von Sauerstoff zu befreien. In die Bürette *F* wird die Indigolösung gebracht. Man wähle in ein $^1/_{10}$ ccm getheilte Büretten, welche 60—100 ccm fassen, um ein häufiges Nachfüllen der Lösungen zu vermeiden.

Ausführung des Versuchs.

Ausführung des Versuchs. Dieselbe geschieht in folgender Weise: Man füllt die Bürette *E* mit der Lösung von hydroschwefligsaurem Natrium und controlirt genau den Wirkungswerth derselben, indem man sie in der bereits beschriebenen Weise mit ammoniakalischer Kupferlösung titrirt. Man entfernt darauf die Ausflussspitze der Bürette *E* aus der kleinen dreihalsigen Flasche und fügt sie in die Durchbohrung des Stopfens *d* der grossen dreihalsigen Flasche *C* ein. — Nachdem man in die Flasche *C* ca. 250 ccm ausgekochtes warmes Wasser gebracht hat, lässt man 30—40 ccm Indigolösung von der oben angegebenen Concentration einfliessen und verdrängt die Luft aus dem Inneren der Flasche *C* durch Wasserstoff, welcher in dem Kipp'schen Apparat *A* entwickelt wird. Die Wasserstoffzuleitungsröhre wird dabei so tief in die Flasche *C* eingesenkt, dass ihr unteres Ende nur wenige Millimeter von dem Flüssigkeitsniveau entfernt ist. Die Schale *D* wird mit Wasser gefüllt und erhitzt, bis das in die Flüssigkeit der Flasche *C* eingesenkte Thermometer ca. 45° anzeigt. Diese Temperatur wird während des Versuches innegehalten. Sobald aus der Wasserflasche *G* reiner Wasserstoff entweicht, lässt man aus der Bürette *E* hydroschwefligsaures Natrium hinzufliessen, bis die Indigolösung dadurch soeben entfärbt ist.

Man saugt nun, indem man einen Augenblick den Glashahn öffnet, mit dem Munde die Flüssigkeit in dem Trichterrohr *b* soweit in die Höhe, dass der unter dem Glashahn befindliche Theil des Rohres damit vollständig angefüllt ist. Durch Umschwenken der Flasche *C* erfährt man

leicht, ob darin noch eine Spur Luft zurückgeblieben ist; die Anwesenheit derselben giebt sich sofort durch Bläuung der Flüssigkeit zu erkennen. Eine etwa eintretende Bläuung wird durch Hinzulassen einiger Tropfen der Lösung von hydroschwefligsaurem Natrium entfernt. Wenn die Farbennüance der Flüssigkeit sich beim Umschütteln nicht mehr ändert, notirt man den Stand der titrirten Lösung in der Bürette *E*, verlangsamt den Wasserstoffstrom und lässt nun durch das Trichterrohr *b* 250 ccm des zu untersuchenden Wassers in den Apparat eintreten. Man giebt sorgfältig Acht, dass nicht gleichzeitig mit dem Wasser Luftblasen in die Flasche *C* gelangen, und verdrängt das in dem unteren Theile des Trichterrohres *b* zurückbleibende, sauerstoffhaltige Wasser, indem man eine kleine Menge ausgekochten, luftfreien Wassers nachfliessen lässt. Man schüttelt um und lässt von der titrirten Lösung des hydroschwefligsauren Natriums unter fortwährendem Hin- und Herbewegen der Flasche *C* soviel eintreten, dass die ursprüngliche Farbennüance der darin enthal-

Endreaction.

tenen Flüssigkeit soeben wieder hergestellt wird. Der Farbenton schwankt, je nach der Concentration der Indigolösung und je nachdem die Flüssigkeit mehr oder weniger alkalisch reagirt, zwischen hellgelb und bräunlichgelb; einige Uebung lässt den richtigen Farbenton leicht erkennen. Aus den verbrauchten Cubikcentimetern der titrirten Lösung von hydro-

Berechnung der Resultate.

schwefligsaurem Natrium ergiebt sich unmittelbar der Gehalt des untersuchten Wassers an Sauerstoff.

In demselben Apparate können drei Sauerstoffbestimmungen hintereinander ausgeführt werden, da der Apparat nach Beendigung eines Versuches für den folgenden bereit ist.

Cautelen der Methode.

Veränderlichkeit der Titrirlösung.

Die Lösung von hydroschwefligsaurem Natrium ist sehr leicht veränderlich. Dieser Umstand fällt jedoch wenig ins Gewicht, wenn man den Titer derselben nach dem Auffüllen der Bürette stets von Neuem controlirt. Die Lösung verändert sich in der Bürette selbst nicht, da der Sauerstoff der Luft davon durch den eingeschalteten, mit pyrogallussaurem Kalium gefüllten, kleinen Waschapparat ferngehalten wird. Zweckmässig verbraucht man die in der Bürette vorhandene Lösung nicht ganz, sondern verwirft die letzten 15—20 ccm, weil dieselben der Einwirkung etwa eingedrungenen Sauerstoffs am meisten ausgesetzt gewesen sind.

Wenn man in der angegebenen Weise nach jeder neuen Füllung den Titer controlirt, ist es nicht nothwendig bei dem Einbringen der Lösung von hydroschwefligsaurem Natrium in die Bürette besondere Vorsichtsmassregeln zu beobachten. Die Lösung wird in kleinen, luftdicht verschliessbaren Flaschen aufbewahrt und als unbrauchbar verworfen, wenn davon mehr als 6 ccm zur Reduction von 100 ccm der titrirten Kupferlösung erforderlich sind.

Nothwendigkeit einer schwach alkalischen Reaction.

Mit Sorgfalt ist endlich darauf zu achten, dass die angewandten Lösungen eine schwach alkalische Reaction zeigen und dass die Temperatur der Flüssigkeit in der Flasche *C* nicht unter 40° sinke; nur unter diesen Bedingungen verläuft die Oxydation hinreichend rasch und präcise. Andererseits darf die Reaction nicht stark

alkalisch sein, weil sonst die Lösung des indigweisssulfosauren Natriums eine dunkel braungelbe Farbe annimmt.

Das SCHÜTZENBERGER'sche Verfahren giebt nach TIEMANN's und PREUSSE's Versuchen nahezu die gleichen Resultate wie die gasvolumetrische Methode. Trotz der Einwände, die von anderer Seite erhoben sind,[65] scheint daher diese Titrir-Methode durchaus brauchbar zu sein; nur ist die Endreaction nicht immer leicht zu erkennen, namentlich nachdem man grössere Mengen Indigolösung in den Apparat gebracht hat.

Leistungsfähigkeit der Methode.

c) Titrirmethode von MOHR.[66] Man lässt den Sauerstoff des Wassers auf Eisenoxydulhydrat einwirken, welches man aus einer dem Wasser hinzugefügten, mit Kaliumpermanganat titrirten Eisensulfatlösung durch Zusatz von ausgekochter Natronlauge gefällt hat, während die Luft im oberen Theil des Gefässes durch einen CO_2strom verdrängt wird. Man schüttelt die verstöpselte Flasche und lässt etwa $\frac{1}{2}$ Stunde in der Wärme (40°) stehen; die Einwirkung des Sauerstoffs ist dann beendet; man löst den Niederschlag in verdünnter Schwefelsäure und bestimmt, wie viel Chamäleonlösung noch zur Oxydation des vorhandenen Oxydulsalzes erforderlich ist. Die Differenz gegenüber der für die ursprünglich vorhandene Eisenoxydulmenge nöthigen Chamäleonlösung ergiebt die Menge des im Wasser vorhanden gewesenen freien Sauerstoffs. — Nach TIEMANN und PREUSSE zeigen Vergleichsanalysen mit den beiden anderen Methoden, dass das MOHR'sche Verfahren zu ungenaue Werthe giebt, um als quantitative Bestimmung gebraucht zu werden.

c) Mohr's Methode.

d) Von FREIRE[67] ist eine vierte Methode zur Sauerstoffbestimmung empfohlen, die darin besteht, dass Pyrogallussäure in ammoniakalischer Lösung zugesetzt und dann Zinnchlorürlösung zugefügt wird, bis die braune Farbe der Flüssigkeit wieder verschwunden ist. Die Zinnchlorürlösung wird zuvor mit einer bekannten Menge von Pyrogallussäure, welche bei Gegenwart von Ammoniak durch den Sauerstoff der Luft vollständig oxydirt ist, titrirt. — Das Verfahren scheint noch keiner näheren Prüfung unterzogen zu sein. —

d) Freire's Methode.

Hygienische Bedeutung der Bestimmung solcher Substanzen, die als Symptome fermentativer Processe angesehen werden. Der Bestimmung des Ammoniaks, der salpetrigen Säure, der Salpetersäure, der Kohlensäure und des Sauerstoffs im Trinkwasser, sowie der Verwerthung der hierbei erhaltenen Resultate zur hygienischen Beurtheilung eines Wassers liegt, wie schon oben ausgeführt wurde, der gemeinsame leitende Gedanke zu Grunde, dass die Gesundheitsgefährlichkeit wesentlich abhängt von der Intensität und dem Umfang der im Wasser oder in seiner nächsten Umgebung ablaufenden fermentativen Processe, und dass die Intensität dieser Processe gemessen werden könne durch die Menge jener Trinkwasserbestandtheile.

Hygienische Bedeutung der Bestimmung von Ammoniak, salpetriger Säure, Salpetersäure, CO_2 und Sauerstoff im Trinkwasser.

Ob der Glaube an die Gefährlichkeit aller fermentativen Vorgänge begründet ist, muss späterer Erörterung vorbehalten bleiben. Hier handelt es sich zunächst darum, zu untersuchen, ob Ammoniak, Salpetersäure etc. im Trinkwasser stets fermentativen Processen entstammen und für diese einen brauchbaren Maassstab abgeben.

Bedingungen für die als Maassstab der fermentativen Processe zulässigen Bestandtheile.

Eine solche Bedeutung kann jenen Bestandtheilen nur dann zukommen, wenn mindestens 3 Bedingungen erfüllt sind. 1) Es muss sich um stets gleiche fermentative Vorgänge handeln, bei denen die einzelnen Producte in constantem Verhältniss gebildet werden; verlaufen die Zersetzungen verschieden, bildet sich bald viel, bald wenig CO_2, Salpetersäure, so gestattet deren Menge offenbar keine vergleichbaren Rückschlüsse auf die Vorgänge selbst. 2) Die als Maassstab dienenden Bestandtheile müssen lediglich den fermentativen Processen entstammen und dürfen nicht auch aus anderen Quellen ins Trinkwasser gelangen können. 3) Die Zersetzungsproducte müssen stets in voller Menge oder aber zu einem stets gleichen Bruchtheil zur Untersuchung gelangen; tritt bald mehr, bald weniger von den Producten zum Wasser über oder variirt die Masse des momentan vorhandenen und die Producte aufnehmenden Wassers in erheblichem Grade, so kann aus der procentischen Menge in einer Wasserprobe kein Schluss auf die gesammte producirte Quantität erfolgen.

Diesen Bedingungen genügen die sämmtlichen oben genannten Trinkwasserbestandtheile in keiner Weise.

Unzulänglichkeit des Ammoniaks, der salpetrigen Säure, der Salpetersäure und der CO_2 für eine Messung der fermentativen Processe.

Erstens verlaufen die Zersetzungen im Boden und Wasser keineswegs gleichmässig; sie differiren nach dem Material, das in den Boden gelangt, nach dem Grade der Durchlässigkeit, der Befeuchtung des Bodens etc.; je nach den vorliegenden äusseren Bedingungen bilden sich andere Producte und in wechselnder Menge; bald überwiegt NH_3, bald Salpetersäure; bald erfolgt rasche CO_2-Bildung, bald bleiben reichliche Mengen von Kohlenstoff in organischen Verbindungen zurück; die oben (pag. 190) angeführten zahlreichen Factoren, die nachweislich auf die Salpetersäurebildung einwirken, lassen ein ungefähres Urtheil darüber gewinnen, mit welch' wechselnden Vorgängen und mit wie verschiedenen Productionen einzelner Körper man es bei den Zersetzungsvorgängen im Boden zu thun hat. —

Zweitens haben die meisten jener Trinkwasserbestandtheile noch weitere Quellen, die nichts mit fermentativen Vorgängen zu thun haben. So gelangt Ammoniak in nicht unbeträchtlicher Menge, häufig auch Salpetersäure, präformirt in den Boden, theils aus Jauchegruben etc., theils durch die atmosphärischen Niederschläge; die CO_2 der Quellwässer findet zum Theil innerhalb tieferer Erdschichten ihren Ursprung, die CO_2 des Grundwassers stammt vorzugsweise aus der CO_2 der Grundluft, von welcher bereits oben gezeigt wurde, dass ihre Menge keineswegs immer mit den Zersetzungsprocessen an Ort und Stelle correspondirt (vgl. pag. 206).

Drittens treten die Producte der im Boden abgelaufenen Zersetzungen in ganz verschiedenem Verhältniss ins Wasser über; Ammoniak, CO_2 können je nach der Bodenbeschaffenheit bald zähe zurückgehalten werden,

bald leicht bis zum Grundwasser gelangen; ausserdem wirkt auf beide ebenso wie auf die übrigen Bestandtheile die Verschiedenheit der Bodendurchlässigkeit, der Grundwasserbewegung, der Wechsel der atmosphärischen Niederschläge in solcher Weise ein, dass bei gleichbleibender Production bald viel, bald wenig von den Producten im gleichen Wasservolum zu finden ist.

Die hieraus erhellende Unmöglichkeit, Körper wie Ammoniak, salpetrige Säure, Salpetersäure, CO_2, zur Beurtheilung der fermentativen Processe an einer zu untersuchenden Localität zu verwenden, führte in letzter Zeit zu dem Versuch, aus dem Sauerstoffgehalt des Wassers eine solche Schätzung zu gewinnen; und zwar glaubte man voraussetzen zu dürfen, dass eine Herabminderung derjenigen Sauerstoffmenge eines Wassers, welche es gelöst enthält, wenn es mit Sauerstoff gesättigt ist, nothwendig bedingt sei durch einen aussergewöhnlichen Sauerstoffconsum an dem Ort des Wasserursprungs. Man schloss weiter, dass aussergewöhnliche Sauerstoffconsumtion vorzugsweise bei Fäulnissprocessen stattfinde und constant auf diese und ähnliche Vorgänge hinweise. Versuch, den Sauerstoffgehalt des Wassers als Maass der fermentativen Vorgänge zu benutzen.

Die Aufnahme von Sauerstoff in Wasser ist nun abhängig zunächst von der Temperatur des Wassers. Bei 0° absorbirt 1 l Wasser 8,63 cc Sauerstoff (0° u. 760 mm); bei + 5° = 7,60 cc; bei 10° = 6,81 cc; bei 15° = 6,26 cc; bei 20° = 5,95 cc. — Soll daher aus der relativen Sättigung eines Wassers mit Sauerstoff ein vergleichender Schluss gezogen werden, so muss zunächst in jedem Falle die Temperatur des Wassers an dem Orte seiner Entnahme bestimmt werden. Erst wenn die Grenze, bis zu der das Wasser überhaupt Sauerstoff aufnehmen konnte, genau bekannt ist, wird sich bestimmen lassen, wie gross das Deficit ist, das an dem möglichst hohen Gehalt an Sauerstoff fehlt. Die Temperatur der Wasserquelle wird nun oft gar nicht so leicht zu ermitteln sein; namentlich wird eine Temperaturänderung bei der Wasserentnahme mittelst Pumpbrunnen häufig einen störenden Einfluss üben können. Abhängigkeit des Sauerstoffgehalts von der Temperatur des Wassers,

Sind aber auch die Schwierigkeiten der Temperaturbestimmung beseitigt, so ist weiter zu berücksichtigen, dass die Aufnahme des Sauerstoffs noch ausserdem abhängig ist von dem Partialdruck des Sauerstoffs in der das Wasser begrenzenden Luft. Dieser ist aber nach allen darüber vorliegenden Untersuchungen in der Bodenluft und namentlich in deren tieferen mit dem Grundwasser in Berührung befindlichen Luftschichten ganz ausserordentlichen Schwankungen unterworfen und entfernt sich stellenweise bedeutend von dem Sauerstoffdruck der atmosphärischen Luft. Auch hier tritt aber die Sauerstoffverminderung (und CO_2-Vermehrung) nicht etwa genau parallel mit den localen Zersetzungsvorgängen auf, sondern es hängt wesentlich von anderen Factoren, z. B. von der Boden- von dem Partiardruck des Sauerstoffs in der Bodenluft,

beschaffenheit, dem Feuchtigkeitszustand ab, ob eine gewisse Summe von Zersetzungen zur Ansammlung von CO_2 und zu eclatanter Sauerstoffverminderung führt, oder ob ein so rascher Ausgleich der Luftarten ermöglicht ist, dass dieselbe Menge von Zersetzungen kaum eine merkbare Aenderung der Luft herbeiführt. — Die im vorigen Capitel angeführten Untersuchungen von FLECK, v. FODOR u. A. zeigen aufs Deutlichste dieses Verhalten der Bodenluft.

von anderen Factoren.

Dazu kommt, dass die mehr weniger vollständige Anpassung des Wassers an den Sauerstoffgehalt der umgebenden Luft abhängen muss von der Masse und der Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser die betreffenden Bodenpartieen passirt. — Endlich kommen eventuell organische Substanzen, die im stagnirenden Wasser des Brunnenrohrs Sauerstoff verzehren, als eine Fehlerquelle in Betracht, durch welche die einheitliche Deutung des Sauerstoffdeficits beeinträchtigt wird.

Unzulänglichkeit auch der Sauerstoffbestimmung.

Es ist somit durchaus nicht wahrscheinlich, dass eine kleine Sauerstoffmenge, beträchtlich unter der der Temperatur des Wassers zukommenden Sättigungsmenge, gerade auf besonders reichliche Zersetzungsvorgänge am Orte des Wasserursprungs deutet. Vielmehr wird dieselbe z. B. charakteristisch sein für einen dichten Boden, in dem eine starke Veränderung der Luft vor sich gehen kann selbst bei relativ wenig ausgedehnten fermentativen Processen.

In durchlässigem, durchlüftetem Boden wird dagegen extreme Verunreinigung oft kaum merkliche Aenderung der Luftzusammensetzung bewirken. Die geringsten Werthe für den CO_2-Gehalt der Bodenluft, die niedrigsten Zahlen für die Verunreinigung des Grundwassers mit den verschiedensten Abfallstoffen, und ebenso die geringste Beeinträchtigung des Sauerstoffgehalts des Wassers werden gemeinschaftlich in solchem Boden hervortreten. Und doch steht es andererseits fest, dass gerade durchlässiger Boden trotz aller dieser scheinbar günstigen analytischen Zahlen eine ganz besondere Disposition zu manchen Infectionskrankheiten erkennen lässt.

Werthlosigkeit der quantitativen Differenzen.

Weder Ammoniak, noch salpetrige Säure und Salpetersäure, noch CO_2 und Sauerstoff im Trinkwasser geben uns demnach die Möglichkeit, zwischen verschiedenen Trinkwässern ein vergleichendes Urtheil darüber abzugeben, ob das eine mit mehr, das andere mit weniger fermentativen Processen in Berührung gekommen ist. — Dagegen zeigt selbstverständlich jeder hervorstechende analytische Befund, namentlich in Bezug auf

Bedeutung der qualitativen Befunde.

Ammoniak, salpetrige Säure, Salpetersäure und Sauerstoffgehalt, qualitativ an, dass auf das Wasser Zersetzungsproducte eingewirkt haben, und wie bei den Befunden organischer Substanzen wird vollständiges Freisein eines Wassers von solchen Symptomen unter allen Umständen erwünscht sein. —

Sind dagegen verschiedene Wässer abzuschätzen, die sämmtlich nicht frei sind von den Spuren einer Inficirung, so ist eine bedingungsweise Vergleichung nach der Menge an Ammoniak, salpetriger Säure, Sauerstoff höchstens dann einigermassen berechtigt, wenn die Wässer einer vergleichbaren äusseren Umgebung entstammen, so dass keine Differenzen des Bodens, der Bodenluft etc. anzunehmen sind.[68] —

Literatur. 1) Trommsdorff, Zeitschr. f. anal. Ch. 9, 167. — Houzeau, Compt. Rend. 83, 525. — 2) Sonnenschein, Journ. f. prakt. Ch. 1852. — 3) Schulze, Chem. Ber. 4, 809. — 4) Reuling, Ref. in Zeitschr. f. anal. Ch. 2, 422. — Wildenstein, ibid. 2, 9. — 5) Bohlig, Ann. Ch. Pharm. 125, 23. — Schöyen, Zeitschr. f. anal. Ch. 2, 330. — Rehsteiner, Schweiz. Wochenschr. f. Pharm. 1868, 112. — 6) Krocker u. Dietrich, Zeitschr. f. anal. Ch. 3, 64. — 7) Guyot, le Chimiste 4, 122. — Zeitschr. f. anal. Ch. 9, 253. — 8) Nessler, Zeitschr, f. anal. Ch. 7, 415. — Miller, Journ. of the Chem. soc. (2) 3, 117. — Frankland u. Armstrong, Chem. News 17, 247. — Chapmann, ref. Z. f. anal. Ch. 7, 478. — Trommsdorff, Zeitschr. f. anal. Ch. 8, 352. — 9. 164. — Bolley, Journ. f. pract. Ch. 103, 494. — Leeds, Zeitschr. f. anal. Ch. 17, 276. — Schürmann, Fleck's 1. Jahresb. p. 33. 9) Miller, l. c. — Reichardt, Grundlagen etc. Jena 1872. — 10) Fleck, 2. Jahresber. p. 5. — 11) Péligot, Ann. de Chim. et de Phys. (3) 2, 87. — 12) Tichborne, Chem. News 1865, 304. — 13) Toussaint, Ann. Ch. Pharm. 137, 114. — 14) Braun, Zeitschr. f. anal. Ch. 3, 468. — 7, 329. — 15) Voit, Ann. Chem. Pharm. 99, 100. — 16) Griess, Ann. Chem. Pharm. 154, 333. — 17) Pohl, Journ. f. prakt. Chem. 83, 38. — Goppelsröder, Pogg. Annal. 119, 57. — Puchot, Compt. rend. 83, 225. — 18) Schönbein, Zeitschr. f. anal. Ch. 1, 222. — 19) Trommsdorff, Zeitschr. f. anal. Ch. 8, 328. — 9, 168. — 20) Kämmerer, Zeitschr. f. anal. Ch. 12, 377. — Gratama, ibid. 14, 72. — Plugge, ibid. 14, 130. — Fresenius, ibid. 12, 427. — 15, 230. — 21) Aeby, Zeitschr. f. anal. Ch. 12, 427. — Wibel, Die Fluss- und Bodenwässer Hamburg's. Hamburg 1876. — Tiemann u. Preusse, Viertelj. f. ger. Med. N. F. 27, Heft 2. — 22) Griess, Chem. Ber. 11, 624, 629. — Zeitschr. f, anal. Ch. 17, 369. — 18, 127. — Tiemann u. Preusse, Viertelj. f. ger. Med. N. F. 29, Heft 2. — 23) St. Gilles, Jahrb. f. prakt. Ch. 73, 473. — Feldhaus, Zeitschr. f. anal. Ch. 1, 426. — Kubel, J. f. prakt. Ch. 102, 229. — 24) Pelouze, Ann. Chem. Pharm. 106, 217. — Mohr, Lehrb. d. Titrirmethode 3. Aufl., p. 199. — Abel u. Bloxam, Jahrb. f. prakt. Ch. 69, 262. — Fresenius, Ann. Chem. Pharm. 106. 217. — Zeitschr. f. anal. Ch. 1, 304. — Ungerer, Dingl. Journ. 1864. April. — 25) Braun, Jahrb. f. prakt. Ch. 81, 421. — Fresenius, Zeitschr. f. anal. Ch. 1, 26. — Holland, Chem. News 17, 219. — 26) Grossart, Compt. rend. 1847, 1. — Mohr, Dingl. Journ. 160, 219. — Fresenius, Zeitschr. f. anal. Ch. 1. 24. — 27) Wagner, Dingl. Journ. 200, 120. — Zeitschr. f. Biol. 1871. 316. — Eder, Zeitschr. f. anal. Ch. 17, 434. — 28) Pugh, Chem. Centralbl. 1860. 27. — Miller, Journ. of the Chem. soc. (2) 3, 117. — Schenk u. Chapmann, Zeitschr. f. anal. Ch. 6, 374. — 29) Fleck, J. f. prakt. Ch. 108, 53. — 30) Vogel, N. Repert. f. Pharm. 24, 666. — 31) Schönbein, Zeitschr. f. anal. Ch. 1, 13. — 32) Schlösing, Journ. f. prakt. Ch. 62, 142. — Ann. de Chim. (3) 40, 479. — Schulze, N. Repert. f. Pharm. 20, 700. — Wulfert, Zeitschr. f. anal. Ch. 9, 400. — Tiemann, Chem. Ber. 11, 920. — 33) Schlösing, l. c. — Fresenius, Zeitschr. f. anal. Ch. 1, 39. — Frühling u. Grouven, Landw. Versuchstat. 9, 14, 150. — Schulze, Zeitschr. f. anal. Ch. 6, 384 und 9, 400. — Reichardt, Z. f. anal. Ch. 9, 23. —

34) Wagner, Zeitschr. f. Biol. 1871, 316. — 35) Crum, Ann. Ch. u. Pharm. 62, 233. — Frankland u. Armstrong, Journ. of the Chem. soc. (2) 6, 77. — Warington, Journ. of the Chem. soc. 1879. Juli. — Zeitschr. f. anal. Ch. 19. 85. — Davis, Chem. News 37, 45. — Lunge, Chem. Ber. 11, 434. — Tabellen zum Gebrauch des Nitrometers: Dingl. Journ. 231, 522. — 36) Weltzien, Ann. Chem. Pharm. 132, 215. — 37) Martin, Compt. rend. 37, 947. — Krocker & Dietrich, Zeitschr. f. anal. Ch. 3, 64. — Fresenius, Anl. z. quant. Anal. 4. Aufl. 372. — Terreil, Compt. rend. 63, 630. — 38) Blunt, Arch. f. Pharm. 199, 130. — 39) F. Schulze, Chem. Centralbl. 1861, 833. — 40) Chapmann, Jahrb. f. prakt. Chem. 104, 253. — Z. f. anal. Ch. 8, 216. — 41) Fox, Sanitary exam. of water, air a. food, London 1878, p. 86, — 42) Wolf, Chem. Centralbl. 1862, 379. — Siewert, Ann. Chem. u. Pharm. 125, 293. — Harcourt, Journ. of the Chem. soc. 15, 385. — Zeitschr. f. anal. Ch. 2, 14. — Schneider, ibid. 4, 226. — Reichardt, ibid. 8, 118. — Nessler, Zeitschr. f. anal. Ch. 7, 415. — Hager, ibid. 10, 334. — Fuchs, ibid. 6, 175. — Pavesi, Chem. Ber. 3, 914. — 43) Sprengel, Zeitschr. f. anal. Ch. 3, 115. — Lindo, Chem. News 36, 155. — Zeitschr. f. anal. Ch. 17, 220. — 44) Braun, Zeitschr. f. anal. Ch. 6. 71. — Reichardt, Zeitschr. f. anal. Ch. 9, 215. — 45) Kersting, Ann. Chem. u. Pharm. 125, 254. — Luck, Zeitschr. f. anal. Ch. 8, 407. — Schönn, ibid. 9, 211. — Nicholson, Chem. News 25, 89. — Reichardt, Zeitschr. f. anal. Ch. 9, 215. — 46) Marx, Zeitschr. f. anal. Ch. 7, 412. — Goppelsröder, ibid. 9, 1 und 10, 259, — Trommsdorff, ibid. 9, 171. — Scheurer-Kestner, Bull. de la soc. industr. 1870. — List, Studien zur Statistik der Wässer. Heidelberg 1873. — Müller, Arch. f. Pharm. 199, 17. — Struve, Zeitschr. f. anal. Ch. 11, 25. — Reichardt, ibid. 8, 120. — v. Bemmelen, ibid. 11, 136. — 47) Fox, Sanitary exam., p. 80. — 48) Fuchs, Zeitschr. f. anal. Ch. 6, 175. — 49) Noellner, Zeitschr. f. anal. Ch. 6, 375. — 50) Die Details der Methode s. in Kubel-Tiemann, Anleitung; Fischer, Das Trinkwasser etc.; Reichardt, Zeitschr. f. anal. Ch. 9, 24. — 51) Fresenius, Zeitschr. f. anal. Ch. 2, 49 und 341. — 5, 321. — Carius, Ann. Chem. und Pharm. 137, 108. — 52) Fresenius, Zeitschr. f. anal. Ch. 19, 206. — 53) Rose, Pogg. Ann. 34, 158. — Fresenius, l. c. — 54) v. Pettenkofer, Buchner's neues Repertor. 10, 1. — Knapp, Ann. Chem. Pharm. 158, 112. — 55) Borchers, Zeitschr. f. anal. Ch. 19, 205. — 56) v. Pettenkofer, Zeitschr. f. Biologie 11, 308. — Vgl. Björklund, Viertelj. f. prak. Pharm. 13, 199. — Barthélemy, Ann. chim. phys. (4) 13. — Zeitschr. f. anal. Ch. 8, 91. — 57) Loew, Journ. f. prakt. Chem. N. F. 15, 326. — 58) Tiemann & Preusse, Chem. Ber. 12, Heft 14. — 59) Robinet, Bull. de la soc. chem. 1864. — Zeitschr. f. anal. Ch. 4, 227. — 60) Helm, Zeitschr. f. anal. Ch. 5, 58. — 61) Mc Leod, Journ. of the chem. soc. (2) 7, 307. — Zeitschr. f. anal. Ch. 9, 364. — 62) Bunsen, Gasometrische Methoden. — Jacobsen, Ann. Chem. und Pharm. 167, 1. — Frankland, Journ. of the chem. soc. 6, 197. — 63) Reichardt, Zeitschr. f. anal. Ch. 11, 271. — 64) Schützenberger u. Risler, Bull. de. la soc. chim. 1873, Bd. 19, 152 und 20, 145. — 65) König u. Mutschler, Chem. Ber. 1877, Bd. 10, 2017. — 66) Mohr, Titrirmethode, 5. Aufl., p. 220. — 67) Freire, Zeitschr. f. anal. Ch. 15, 352. — 68) Vgl. Flügge, Zeitschr. f. Biol. 13, 1. — Popper, Ueber die Schwankungen im CO_2gehalt des Grundwassers, Zeitschr. f. Biol. 15, 589.

IV. Bestimmung der anorganischen Repräsentanten der Stadtlaugenstoffe.

Bestimmung der anorganischen Repräsentanten der Stadtlaugenstoffe.
1) Kochsalzbestimmung.

1) Kochsalzbestimmung. Das Chlor ist in den Trinkwässern ast stets als Chlornatrium, Kochsalz, enthalten. Es erscheint zweckmässiger, von dem Kochsalzgehalt des Wassers statt von dem Chlorgehalt eines solchen zu sprechen, weil gerade das Kochsalz als eigentlicher Repräsentant der Abfallstoffe des menschlichen Haushalts angesehen werden darf, der ohne Aenderung seines Bestandes einen Kreislauf — von dem den Speisen zugefügten Kochsalz, durch die Ausscheidungen, mit diesen durch den Boden und zum Wasser, und mit letzterem heilweise, soweit es als Trinkwasser und Gebrauchswasser verwendet wird, wieder in den menschlichen Haushalt zurück — durchmacht, auf dem r sich leicht fast seiner ganzen Menge nach verfolgen lässt.

Qualitative Prüfung.

Der qualitative Nachweis des Kochsalzes erfolgt, indem man 0—20 cc. Wasser mit etwas reiner Salpetersäure und dann mit einigen ropfen einer Lösung von salpetersaurem Silber (Höllenstein) versetzt. ine entstehende weissliche Trübung oder ein weisser Niederschlag (= Chlorilber) zeigt Kochsalz an. — Der Zusatz von Salpetersäure ist nöthig, eil auch andere Silbersalze aus dem Wasser durch die Höllensteinlösung efällt werden könnten, z. B. phosphorsaures Silber etc.; diese sind jedoch lle, mit alleiniger Ausnahme des Chlorsilbers, in verdünnter Salpeteräure löslich.

Quantitative Bestimmung.
Frühere Methoden.

Zur quantitativen Bestimmung stehen eine Reihe von Methoden zu Gebote; unächst das gewichtsanalytische Verfahren, bei welcher das abgeschiedene Chlorilber gewogen wird; dann verschiedene Titrirmethoden: nach Liebig[1] kann man Harnstoff zufügen und dann mit Lösung von salpetersaurem Queeksilber titriren, is ein Niederschlag entsteht; Pisani[2] empfahl, Silberoxyd in Ueberschuss zuzuetzen, zu erwärmen, zu filtriren und dann mit Jodstärkelösung das überschüssige elöste Silber zu titriren; Bohlig[3] fällt mit Silberoxyd und titrirt die an Chlor geunden gewesenen und nun frei gewordenen Alkalien mit Normalsäure; Trommsorff[4] versuchte, das Chlor des Trinkwassers durch Seifenlösung zu bestimmen, ie auf Silberlösung eingestellt war. — Gegenwärtig sind vorzugsweise zwei Mehoden in Gebrauch, die gleich genaue Resultate geben; die von Volhard[5] angeebene Titrirung mit Rhodanlösung, mittelst welcher der nach vollständiger Ausällung des Chlors gelöste Silberrest zurücktitrirt wird; und zweitens die Titrirung nit Silberlösung unter Zuhülfenahme von chromsaurem Kali (nach Mohr).[6] Da die etztgenannte Methode einfachere Manipulationen erfordert und die Genauigkeit der Resultate bei Analysen von Trinkwasser nichts zu wünschen übrig lässt, soll dieelbe hier allein beschrieben werden.

Methode von Mohr.

Titrirung mit Silberlösung; chromsaures Kali als Indicator.

Das Princip der Mohr'schen Methode ist folgendes: Chlorverbindungen werden von Silberlösung vollständig gefällt als unlöslicher, weisser Niederschlag von Chlorsilber; chromsaure Salze werden bei neutraler Reaction von Silberlösung als braunrother Niederschlag — chromsaures Silber — gefällt; in Säuren ist dieser Niederschlag löslich. Sind gleichzeitig Chlor- und chromsaure Verbindungen zugegen, so werden die ersteren stets zuerst von einer Silberlösung gefällt und erst dann die chromsauren Salze, wenn keine Spur Chlor mehr in Lösung ist. Andere Säuren, z. B. Phosphorsäure, haben dagegen geringere Affinität zum Silber, als die Chromsäure; Salze der letzteren werden daher von Silberlösung vor allen anderen Salzen — mit Ausnahme der Chlorverbindungen — gefällt. —

Princip der Methode.

Versetzt man demnach eine neutrale Lösung von Chlormetallen mit etwas gelöstem chromsaurem Kali und dann mit titrirter Silberlösung, so wird Anfangs nur weisses Chlorsilber gebildet werden; sobald aber die letzte Spur Chlor aus der Lösung ausgefällt ist, wird sich nunmehr bei weiterem Zusatz der Silberlösung sofort chromsaures Silber bilden, und dieser Moment wird sich durch die auffallende braunrothe Farbe der neuen Verbindung aufs schärfste markiren. — Aus der bis dahin verbrauchten Menge der Silberlösung ist dann die vorhanden gewesene Chlormenge zu berechnen.

Bereitung der Lösungen.

Erforderliche Lösungen: 1) $^1/_{10}$ Normal-Silberlösung. 17 gr völlig reines, krystallisirtes, trockenes Silbernitrat (Höllenstein) werden zu 1 Liter Flüssigkeit gelöst; 1 cc der Lösung entspricht dann = 3,55 mill. Chlor oder 5,85 mill. Kochsalz. 2) Kaliumchromatlösung. Aus völlig reinem, neutralem, gelbem Kaliumchromat stellt man eine kalt gesättigte wässrige Lösung her. Vor allem ist das Präparat auf einen etwaigen Chlorgehalt zu prüfen.

Ausführung.

Ausführung: 100 cc des zu untersuchenden Wassers werden im Becherglas mit 2—3 Tr. der Kaliumchromatlösung versetzt; dann lässt man aus einer Bürette Silberlösung zufliessen und rührt häufig um; nach einiger Zeit färben sich die einfallenden Tropfen röthlich; die Farbe verschwindet aber Anfangs noch, wenn umgerührt wird und das gebildete chromsaure Silber dadurch mit noch unzersetzten Kochsalztheilchen in Berührung kommt. Sobald dagegen die rothe Farbe des Niederschlags resp. der Flüssigkeit bestehen bleibt, liest man die bis dahin verbrauchten cc der Silberlösung ab; diese mit 3,55 multiplicirt geben die milligr. Chlor, mit 5,85 multiplicirt die milligr. Kochsalz, die in 100 cc Wasser enthalten waren.

Berechnung.

Endreaction.

Der Farbenton, bis zu dem titrirt wird, muss wo möglich immer der gleiche sein; es ist zweckmässig, nicht die erste eben wahrnehmbare Veränderung der gelblichen Farbe als Endreaction zu wählen, sondern ein deutliches Gelbroth; und dann zu ermitteln, wieviel Silberlösung zu 100 cc destillirtem Wasser und 3 Tropfen Kaliumchromatlösung zu-

gesetzt werden muss, um jene Färbung hervortreten zu lassen; es sind dazu — je nach dem gewählten Farbenton — 0,1 bis 0,3 cc erforderlich und dieser Werth kann dann von jedem Resultat in Abzug gebracht werden. — Bei stark gefärbten Wässern kann es nöthig werden, die Wasserprobe mit etwas Kalkwasser zur Trockene zu dampfen, schwach zu glühen und dann die Lösung zu titriren.[7] —

Sehr bequem ist es, sich eine Kochsalzlösung herzustellen, die 1 mgr Kochsalz in 1 cc enthält, mit dieser eine Bürette zu füllen und einen etwa zugefügten Ueberschuss von Silberlösung genau bis zu der gewählten Endfärbung zurückzutitriren. —

2) Schwefelsäure. Die geringen Mengen von Schwefelsäure, welche in den Trinkwässern vorzukommen pflegen, lassen sich nur schwierig mit voller Genauigkeit bestimmen; fast jeder der gebräuchlichen Methoden haften einzelne Fehlerquellen an. — Die Reaction, welche alle Methoden gemeinsam zum Nachweis der Schwefelsäure verwenden, besteht in der Einwirkung eines löslichen Bariumsalzes auf schwefelsaure Salze; es bildet sich dann sofort schwefelsaurer Baryt, der als völlig unlöslicher Niederschlag abgeschieden wird. Die wesentlichsten Fehlerquellen bestehen darin, dass dieser Niederschlag sehr feinkörnig ist und lange in der Flüssigkeit suspendirt bleibt; dass er beim Absetzen andere Salze der Lösung einschliesst, die schwer zu entfernen sind; dass endlich kohlensaure Verbindungen durch Bariumsalze ebenfalls zersetzt werden und daher eventuell vorher zu beseitigen sind. —

2) Bestimmung der Schwefelsäure.

Schwierigkeiten der Bestimmung.

Die qualitative Prüfung geschieht durch Zusatz von etwas Salzsäure und Chlorbariumlösung zu 20 cc Wasser; weisse Trübung oder Niederschlag zeigt Schwefelsäure an. Ohne den Säurezusatz würde auch kohlensaurer, phosphorsaurer Baryt gefällt werden können.

Qualitative Prüfung.

Die quantitative Bestimmung erfolgt entweder durch Wägung. 100 bis 200 cc Wasser werden mit Salzsäure angesäuert und mit Chlorbariumlösung in nicht zu starkem Ueberschuss versetzt. Um eine nicht zu feinkörnige Ausscheidung des schwefelsauren Baryts zu erzielen, wendet man die Chlorbariumlösung in grosser Verdünnung an ($\frac{1}{2}$—1%) und lässt dieselbe sehr langsam zufliessen; am Besten füllt man sie in eine Bürette, die unten einen Quetschhahn mit verstellbaren Armen oder einen Glashahn hat; diesen regulirt man dann so, dass die Chlorbariumlösung langsam und in regelmässigem Tempo — alle 1—2 Secunden etwa 1 Tropfen — in das Wasser hineintropft. Von Zeit zu Zeit, wenn keine sichtbare Vermehrung des Niederschlags sich zeigt, hebt man einen Tropfen der Flüssigkeit heraus, bringt ihn auf eine schwarze Platte und lässt einen Tropfen verdünnte Schwefelsäure hinzutreten; sobald eine deutlich entstehende weisse Trübung einen vorhandenen Ueberschuss von Chlorbarium anzeigt, hört man mit dem Zusatz des letzteren auf. Man filtrirt sofort mit den üblichen Vorsichtsmassregeln durch ein kleines Filter und kann auch die gebräuchlichen Mittel zur Beschleunigung der Filtration anwenden, ohne eine Trübung des Filtrats befürchten zu müssen. — Der Niederschlag wird schliesslich

Quantitative Bestimmung.
a) durch Wägung.

mit heissem Wasser wiederholt gewaschen, dann getrocknet, mit dem Filter im Platintiegel geglüht und gewogen. Das Gewicht des Niederschlags, multiplicirt mit 0,3433, ergiebt die Menge der darin enthaltenen Schwefelsäure (SO_3). — Wie schon oben gesagt, ist es schwer, den Niederschlag rein zu erhalten und daher die Methode nicht besonders genau, wenn auch für Trinkwasseranalysen meist ausreichend.[1]

Eine annähernde Schätzung der Schwefelsäuremenge in einem Wasser erhält man, wenn man in dem eben beschriebenen Verfahren eine Chlorbariumlösung von bekanntem Gehalt anwendet. Die Endreaction mittelst der Prüfung eines Tropfens auf überschüssiges Chlorbarium durch Zusatz eines Tropfens Schwefelsäure ist aber so wenig empfindlich, dass auf diese Weise nur eine ganz ungefähre Bestimmung möglich ist.

Bestimmung durch titrirte Chlorbarium- u. Kaliumchromatlösung.

Die übrigen Methoden gründen sich sämmtlich auf eine Chlorbariumlösung von bekanntem Gehalt; in einigen Fällen wird diese ihrerseits eingestellt auf eine neutrale Kaliumchromatlösung; werden diese beiden Lösungen mit einander vermischt, so bildet sich chromsaurer Baryt, der als unlöslicher Niederschlag niederfällt.

Bereitung der Lösungen.

$^1/_{10}$ Normal-Chlorbariumlösung. 12,2 gr reines trockenes Chlorbarium werden zu 1 Liter gelöst; 1 cc entspricht 4 mgr SO_3.

$^1/_{10}$ Normal-Kaliumchromatlösung. 7,365 reines (und namentlich schwefelsäurefreies) Kaliumbichromat werden in einer Literflasche in 100 cc dest. Wasser gelöst und tropfenweise mit so viel reiner Ammoniakflüssigkeit versetzt, bis die rothe Farbe der Lösung in eine rein gelbe übergegangen und also neutrales Ammoniumkaliumchromat entstanden ist. Dann füllt man die Literflasche bis zur Marke mit dest. Wasser auf. — Werden gleiche Volumina beider Titrirlösungen mit einander vermischt, so darf weder Chromat noch Chlorbarium im Ueberschuss vorhanden sein; die über dem Niederschlag stehende Flüssigkeit darf also weder gefärbt erscheinen noch durch verdünnte Schwefelsäure getrübt werden. —

Methode von Mohr,

Die beschriebene Chlorbariumlösung wird zunächst benutzt in der Mohr'schen Methode.[9] Man setzt eine gemessene, überschüssige Menge der Lösung zu dem zu prüfenden Wasser, digerirt längere Zeit, fällt den Ueberschuss des Chlorbariums mit kohlensaurem Ammoniak und reinem Ammoniak, filtrirt den aus schwefelsaurem + kohlensaurem Baryt bestehenden Niederschlag ab, wäscht aus und bestimmt den kohlensauren Baryt alkalimetrisch; die hier gefundene Menge wird von der Gesammtmenge des zugesetzten Baryts abgezogen; der Rest giebt den schwefelsauren Baryt.

von Clemm,

— Aehnlich ist das Verfahren von Clemm.[10] Derselbe setzt Lakmustinctur zu, neutralisirt, fällt mit überschüssiger titrirter Chlorbariumlösung, dann mit einer abgemessenen titrirten Lösung von kohlensaurem Natron, ebenfalls im Ueberschuss und am besten in einer dem Chlorbarium aequivalenten Menge, verdünnt auf ein bestimmtes Volum (200 cc), filtrirt und titrirt einen aliquoten Theil des Filtrats (100 cc) mit Normalsäure.

von Wildenstein (1. Methode),

Die gleichzeitige Anwendung des Kaliumchromats ist zuerst von Wildenstein empfohlen.[11] Die Methode besteht darin, dass die zum Sieden erhitzte Wasserprobe mit mässigem Ueberschuss der Chlorbariumlösung versetzt wird; dann wird sofort die Lösung von chromsaurem Kali in Quantitäten von je 0,5 cc zugesetzt; dabei klärt sich die Flüssigkeit; man beobachtet, wann Gelbfärbung eintritt, die einen Ueberschuss von chromsaurem Kali anzeigt, und fügt dann einige Tropfen Chlorbariumlösung zu, bis wieder Entfärbung eingetreten.

von Müller,

— Müller[12] lässt nach dem Zusatz jeder einzelnen Lösung 24 Stunden absitzen und bestimmt dann den Ueber-

schuss von chromsaurem Kali in der Lösung colorimetrisch. — Eine Modification dieser Methode ist unten ausführlicher beschrieben. —

Hempel hat neuerdings eine Lösung von salpetersaurem Silber als Indicator benutzt. Man verfährt dann bei der Wasseruntersuchung Anfangs wie eben beschrieben, setzt dann aber die Chromatlösung in einzelnen Portionen zu und prüft nach jedem Zusatz mittelst des genannten Indicators, ob bereits Chromatlösung im Ueberschuss vorhanden ist. Die Prüfung geschieht in der Weise, dass ein Tropfen der kochenden, neutralen Flüssigkeit auf einer weissen Porcellanplatte mit einem Tropfen Höllensteinlösung zusammengebracht wird; letztere muss so stark sein, dass noch nach Ausfällung des Chlors aus dem Wassertropfen die rothe Färbung des Silberchromats hervortreten kann.[13] — Methode von Hempel.

Ein zweites von Wildenstein[14] angegebenes Verfahren geht darauf hinaus, nur titrirte Chlorbariumlösung zu benutzen, aber den Moment, in dem der erste Tropfen Chlorbarium bestehen bleibt, schärfer zu erkennen, als es durch Herausnehmen und Prüfung von Tropfen aus der trüben Flüssigkeit möglich ist. Dies wird (nach Brügelmann) dadurch erreicht, dass ein kleiner Trichter an seiner Oeffnung mit zwei Lagen Mull und mit zwei zwischen diesen befindlichen Lagen Filtrirpapier überbunden und am anderen Ende mit einem Kautschuckschlauch und Quetschhahn versehen wird. Der Trichter wird mit der überbundenen Oeffnung in die Flüssigkeit eingetaucht, so zwar dass der Kautschuckschlauch aussen am Glase herabhängt und also nach Art eines Hebers wirkt, sobald der Quetschhahn geöffnet ist. Mittelst dieses Trichters, der Anfangs mit warmem Wasser gefüllt eingeführt wird, entnimmt man während des Zusatzes der Chlorbariumlösung Proben aus dem Wasser; und zwar lässt man stets erst ein dem Trichterinhalt entsprechendes Volum ablaufen, und giesst diese Probe wieder zurück, ehe man die Portionen auffängt, die mit der Chlorbariumlösung auf noch vorhandene Schwefelsäure geprüft werden.

b) Verfahren von Wildenstein (2. Methode); Titriren mit Chlorbariumlösung, Prüfung von filtrirten Proben auf einen Ueberschuss des Reagens.

Ein anderer Weg um die trübe, mit Chlorbarium versetzte Lösung auf einen Ueberschuss des Fällungsmittels zu prüfen, besteht darin, dass man den schwefelsauren Baryt durch präcipitirende Mittel zum raschen Absitzen zu bringen sucht. Hierzu bedient man sich nach Schulze am Besten des Thons oder Bolus, den man in der Flüssigkeit aufrührt und dem man dann noch 2 bis 3 Tropfen frisch bereiteter Hausenblaselösung zufügt. Liebermann empfiehlt, die trübe Flüssigkeit mit einer sehr kleinen Menge Amylum zu versetzen und dann unter Umrühren zu erwärmen.[15] —

Klärung der Flüssigkeit durch Fällungsmittel.

Die brauchbarste Methode scheint eine modificirte Form des Wildenstein-Müller'schen Verfahrens zu sein.[16] 100 cc des vorher gekochten und wieder auf das frühere Volum gebrachten Wassers (vgl. unten die Bestimmung der permanenten Härte) werden in einem Kolben, der bei 150 cc eine Marke trägt, zum Sieden erhitzt; man fügt 10—20 cc der titrirten Chlorbariumlösung zu (auch hier zweckmässig in der pag. 283 beschriebenen Weise), kocht einige Minuten und lässt dann von der

c) Modificirtes Verfahren nach Wildenstein-Müller. Titrirung mit Chlorbarium- und Kaliumchromatlösung;

Lösung von Kaliumchromat soviel zufliessen, dass die Flüssigkeit nach dem Absitzen schwach aber deutlich gelb erscheint. Nach dem Erkalten füllt man mit destillirtem Wasser bis zur Marke auf, schüttelt um und filtrirt durch ein ungenässtes Filter. — Dann giebt man 100 cc des Filtrats in einen engen Cylinder von circa 20 cm Höhe und versetzt 100 cc destillirtes Wasser in einem ähnlichen Cylinder mit Kaliumchromatlösung bis die gleiche Färbung hergestellt ist. Man verfährt dabei genau wie bei der colorimetrischen Bestimmung des Ammoniaks. — Die so gefundene überschüssig zugesetzte Kaliumchromatmenge wird, wegen der vorgenommenen Verdünnung mit $\frac{3}{2}$ multiplicirt, von dem Gesammtverbrauch an diesem Reagens abgezogen; und die Differenz zwischen dem Rest der Kaliumchromat- und der verbrauchten Chlorbariumlösung ist mit 4 zu multipliciren, um entsprechend dem Gehalt der letzteren die Menge SO_3 in Milligramm pro 100 cc Wasser zu erhalten.

colorimetrische Ermittlung des überschüssigen Kaliumchromats.

d) Methode von Trommsdorff. Bestimmung mit titrirter Chlorbarium- u. Seifelösung.

Ein von den genannten Methoden erheblich abweichendes Verfahren ist endlich nach Boutron-Boudet's Angaben von Trommsdorff[17] empfohlen. Dasselbe schliesst sich aufs engste an die Bestimmungen der Härte des Wassers an, deren Kenntniss zum Verständniss der Methode vorausgesetzt werden muss (Vgl. unten). — Das Princip derselben ist folgendes: Das zur Bestimmung der permanenten Härte vorbereitete (also gekochte, wieder aufgefüllte und filtrirte) Wasser versetzt man mit Bariumchloridlösung, die auf Seifelösung eingestellt ist; die vorhandene Schwefelsäure fällt einen Theil des Bariumsalzes aus; man filtrirt und bestimmt im Filtrat die Härte. Die so gefundenen Härtegrade zieht man ab von der vorher bestimmten permanenten Härte + den Härtegraden, die man in der Form der Bariumchloridlösung zugefügt hatte; die Differenz entspricht dem durch Schwefelsäure ausgefällten Baryt.

Man benutzt zur Ausführung am Besten das Clark'sche Verfahren, bedient sich der dort üblichen Seifelösung und titrirt diese mit einer Bariumchloridlösung von 4,357 gr reinem trockenem Bariumchlorid in 1 Liter Wasser. 1 cc dieser Lösung enthält die 1 mill. Kalk entsprechende Menge Chlorbarium. — Dann werden 100 cc des ausgekochten Wassers in einem 150 cc-Kolben zum Sieden erhitzt und mit einem Ueberschuss der Chlorbariumlösung versetzt; nach dem Absitzen und Erkalten füllt man zur Marke auf, filtrirt durch ein trockenes Filter und bestimmt in 100 cc die Härte nach Clark. Entsprechend der Verdünnung hat man das Resultat mit $^3/_2$ zu multipliciren. Die so gefundenen Härtegrade, abgezogen von der permanenten Härte plus den Härtegraden der zugesetzten Chlorbariumlösung, und multiplicirt mit $^{10}/_7$ giebt die Theile Schwefelsäure in 100 000 Theilen Wasser an. (SO_3 verhält sich zu CaO wie 80 : 56 oder 10 : 7.)

Für mehrere der angeführten Methoden zur Analyse des Schwefelsäuregehalts des Wassers fehlt es noch an einer genauen Prüfung ihrer Fehlergrenzen, so dass vorläufig kein bestimmtes Urtheil über ihre Zuverlässigkeit abgegeben werden kann. —

3) Bestimmung der Härte des Wassers.

3) Kalk und Magnesia (Härte des Wassers). Der Kalk ist im Trinkwasser enthalten als kohlensaurer, schwefelsaurer, salpetersaurer Kalk und als Chlorcalcium; Magnesia als kohlensaure, schwefelsaure Magnesia

und Chlormagnesium. Kohlensaurer Kalk — und fast ebenso kohlensaure Magnesia — ist in Wasser völlig unlöslich; eine Lösung findet nur statt mit Hülfe von CO_2, welche lösliches doppelt-kohlensaures Salz bildet. — Alle Kalk- und Magnesiasalze zusammen machen die sogenannte Gesammthärte des Wassers aus; eventuell kann man auch noch Eisensalze hinzurechnen, doch kommen dieselben fast stets nur in geringen Spuren im Wasser vor.

Gesammthärte.

Wird ein Wasser gekocht, so entweicht die freie und halbgebundene CO_2; damit fällt dann das Lösungsmittel fort für kohlensauren Kalk und kohlensaure Magnesia; beide sinken daher als unlöslicher Niederschlag zu Boden. Die übrigen Erdsalze bleiben in Lösung; sie bilden die sogenannte bleibende (permanente) Härte, während die durch das Kochen zerstörten doppelt-kohlensauren Erden die vorübergehende Härte bedingt hatten. — Diese Scheidung ist jedoch namentlich für die Magnesiaverbindungen keine ganz durchgreifende und ihre Ausfällung durch die Entfernung der CO_2 ist sehr unvollkommen. Magnesiaverbindungen haben eine grosse Neigung zur Bildung von Doppelsalzen und werden daher löslich durch Anwesenheit von anderen Salzen, wenn sie auch in reinem Wasser völlig unlöslich sind. Ferner geht Chlormagnesium in der Hitze leicht in eine basische Verbindung über, die sich theilweise abscheidet, theils mit Hülfe anderer Salze wieder löst. — Die Trennung in vorübergehende und bleibende Härte ist daher immer nur eine annähernde.

permanente und vorübergehende Härte.

Verhalten der Magnesiasalze.

Zur genaueren Bestimmung der Härte des Wassers muss man sich der im Folgenden zuerstbeschriebenen gewichtsanalytischen oder volumetrischen Methoden bedienen.

a) Bestimmung durch Wägung.

Die Kalkmenge ermittelt man dadurch, dass man von dem — event. durch Eindampfen concentrirten — Wasser 50 cc mit Salmiak, oxalsaurem Ammoniak in reichlichem Ueberschuss, und etwas Ammoniak versetzt. Es entsteht ein Niederschlag von oxalsaurem Kalk; oxalsaure Magnesia bleibt in Lösung. Der erstere wird abfiltrirt, ausgewaschen und schliesslich durch schwaches Glühen in kohlensauren Kalk verwandelt und als solcher gewogen; oder durch stärkere Hitze in Aetzkalk übergeführt. Bei einigermassen hohem Magnesiagehalt findet sich auch oxalsaure Magnesia im Niederschlag, die durch Lösen desselben und nochmalige Fällung zu beseitigen ist. — Die Ausführung erfolgt genau nach den in Fresenius' Anleitung gegebenen Vorschriften.

Bestimmung des Kalks.

Die Magnesiabestimmung erfolgt im Filtrat von Kalkniederschlag; man versetzt mit einer Mischung aus Salmiak, Ammoniak und phosphorsaurem Natron; es scheidet sich phosphorsaure Ammoniak-Magnesia aus, die abfiltrirt, geglüht und als pyrophosphorsaure Magnesia gewogen wird.

Bestimmung der Magnesia.

Zahlreiche Vorschläge gehen darauf hinaus, die Wägungen durch volumetrische Bestimmungen zu ersetzen. Im engen Anschluss an die letztbeschriebenen Methoden kann man zunächst die Wägung des als oxalsaurer Kalk abgeschiedenen Kalks dadurch umgehen, dass man entweder den oxalsauren Kalk durch Glühen in ein Gemenge von Aetzkalk und kohlensauren Kalk überführt und die Kalkmenge alkali-

Titrirung des abgeschiedenen Kalks

metrisch bestimmt; oder dass man die Oxalsäure des oxalsauren Kalks mit Chamäleon titrirt. — Ferner vermeidet man die Wägung der Magnesia, wenn man die Menge der Phosphorsäure in dem Niederschlag von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia durch salpetersaures Uranoxyd titrirt und daraus die Menge der Magnesia berechnet. — Alle diese Methoden geben genaue Resultate, erfordern aber Uebung in den einschlägigen Laboratoriumsarbeiten.

(Margin: und der gefällten Magnesia.)

(Margin: Annähernde Härtebestimmungen durch titrirte Oxalsäure,)

Eine annähernde Bestimmung der Härte ist erreichbar durch Zusatz einer titrirten Lösung von Oxalsäure im Ueberschuss, Filtriren, und Bestimmung der überschüssigen Oxalsäure im Filtrat; die Differenz gegenüber der verbrauchten giebt den Gehalt an Kalk + einer unbestimmten Menge Magnesia (Kraut).[18] — Oder nach Wagner tröpfelt man titrirte Oxalsäurelösung zu, bis ein Tropfen der Flüssigkeit Lakmuspapier (aus Schreibpapier bereitet) röthet.[19] Auch hier werden Kalk und Magnesia gemeinschaftlich, letztere unvollkommen bestimmt. — Um nur die vorübergehende Härte des Wassers zu messen, kann man 250 cc Wasser mit Cochenilletinctur (1 gr mit 100 cc schwachem Weingeist ausgezogen) versetzen, die durch die Erdcarbonate violett gefärbt wird; dann erwärmen und mit Zehntel-Normalsäure titriren, bis die violette Färbung für längere Zeit verschwunden ist (Mohr).[20]

(Margin: durch Cochenilletinctur.)

(Margin: Bestimmung der Magnesia nach Legler.)

Für die Bestimmung der Magnesia allein ist endlich neuerdings ein Verfahren von Legler angegeben, das auf der Ausfällung der Magnesia als Hydrat durch Natronlauge und auf der Unlöslichkeit dieses Hydrats in neutralen oxalsauren Alkalien beruht. Die kohlensauren Salze müssen dabei vollständig beseitigt werden; dies geschieht, indem man 100 cc Wasser kocht, mit titrirter Schwefelsäure im Ueberschuss versetzt, dann überschüssige titrirte Natronlauge zufügt, mit Schwefelsäure nochmals neutralisirt und kocht; event. ist noch Schwefelsäure nachzufügen, wenn beim Kochen wieder Rothfärbung der zugesetzten Rosolsäure eintritt. — Zu dem so von den Carbonaten befreiten neutralen Wasser setzt man einen Ueberschuss von neutralem oxalsaurem Alkali, fügt dann eine gemessene Menge der Natronlösung zu, kocht, verdünnt auf 150 cc, filtrirt und titrirt einen aliquoten Theil in der eben beschriebenen Weise mit Schwefelsäure. —

(Margin: b) Bestimmung der Härte durch titrirte Seifelösung.)

Weitaus am häufigsten sind die Titrirungen mit Seifelösung zur Bestimmung der Härte des Wassers gebraucht. Seifen (= fettsaure Alkalien) werden nämlich durch Erdsalze, Kalk-, Magnesium-, Bariumverbindungen etc. zersetzt, indem sich einerseits fettsaurer Kalk, Baryt etc. bildet und indem andererseits das Alkali der Seife sich mit der Säure des Erdsalzes verbindet. Die entstandenen fettsauren Erden bilden einen in Wasser unlöslichen Niederschlag.

(Margin: Princip der Methode.)

Da gleiche Theile Seife immer die gleiche Menge Erdsalze zersetzen, so lässt sich leicht ein Titrirverfahren auf diese Reaction gründen, wenn nur ein Indicator vorhanden ist, der prompt anzeigt, wann die Zersetzung des vorhandenen Erdsalzes beendet ist und der erste Ueberschuss der Seifelösung nunmehr frei bestehen bleibt. Einen solchen Indicator hat man aber in der Schaumbildung, die durch unzersetzte Seife im Wasser beim Schütteln hervorgerufen wird, da Seifelösungen selbst in grosser Verdünnung eine solche Cohäsion ihrer Moleküle zeigen, dass sich darin Luftblasen mit äusserst resistenter Hülle bilden lassen. — Diese Reactionen

sind nun zur Bestimmung des Kalks und der Magnesia im Wasser verwerthet; und zwar sind im wesentlichen drei Modificationen der Methode der Seifetitrirung bekannt, die sich kurz dahin charakterisiren lassen, dass die erste, die CLARK'sche Methode,[22] die genaueste aber auch umständlichste, dass die zweite, nach BOUTRON und BOUDET[23] einfacher, aber wegen der etwas geringeren Genauigkeit hauptsächlich zu vorläufigen, raschen Bestimmungen brauchbar ist; während endlich die dritte, von WILSON[24] angegebene Methode sich nur zur Ermittlung des Kalkgehalts des Wassers eignet.

Verschiedene Modificationen der Methode.

Zum CLARK'schen Verfahren sind folgende Lösungen erforderlich:

Verfahren von Clark.

1) Seifelösung. 150 Theile Bleipflaster werden auf dem Wasserbade erweicht und mit 40 Theilen reinen Kaliumcarbonats verrieben, bis eine völlig gleichförmige Masse entstanden ist; man zieht diese mit starkem Alkohol aus, lässt absitzen, filtrirt und destillirt den Alkohol ab, und trocknet die zurückbleibende Seife im Wasserbade. — 20 Theile der so bereiteten Seife werden in 1000 Theilen verdünnten Alkohols von 56° Tr. gelöst. Dann bringt man 100 cc der gleich zu erwähnenden Bariumnitratlösung in ein Stöpselglas und lässt aus einer Bürette Seifelösung zufliessen, bis bleibender Schaum beim Schütteln entsteht. Bei Einhaltung der vorgeschriebenen Proportionen sind dazu weniger als 45 cc Seifelösung nöthig; die letztere wird dann mit Alkohol von 56° Tr. so weit verdünnt, das von der Seifelösung genau 45 cc erforderlich sind, um in 100 cc Bariumnitratlösung den Schaum hervorzurufen.

Herstellung der Titrirlösungen.

2) Bariumnitratlösung. 0,559 gr bei 100° getrocknetes reines Bariumnitrat zum Liter Wasser gelöst; 100 cc enthalten die 12 mgr Kalk aequivalente Menge Barium.

Beim CLARK'schen Verfahren operirt man demnach mit einer Seifelösung, von welcher genau 45 cc zur Sättigung von 12 mill. Kalk in 100 cc Wasser erforderlich sind. Den Wirkungswerth bezeichnet man gewöhnlich in sogenannten Härtegraden; und zwar nennt man in Deutschland den Gehalt von 1 Theil Kalk in 100 000 Theilen Wasser (also 1 milligr. Kalk in 100 cc Wasser) einen Härtegrad. Indem man nach diesen Härtegraden rechnet, führt man die verschiedenen Arten der Kalk- und Magnesiasalze, die sich an der Härte des Wassers betheiligen, auf ein einheitliches Maass, nämlich auf eine bestimmte Menge Kalk (CaO) zurück. Sagt man von einem Wasser, dass es 20 Härtegrade enthalte, so heisst das also nicht, dass das Wasser wirklich 20 mill. Kalk in 100 cc Wasser enthalte, sondern nur dass in 100 cc so viel Kalk- und Magnesiasalze enthalten sind, dass es in seiner Wirkung auf Seifelösung einer Lösung von 20 mill. Kalk gleichkommt. — In Frankreich legt man eine andere Einheit zu Grunde, nämlich den kohlensauren Kalk; hier bedeutet also 1 Härtegrad 1 Theil kohlensauren Kalk in 100 000 Theilen Wasser. Da die Aequivalente von Kalk und kohlensaurem Kalk sich verhalten wie 56 zu 100 oder wie 0,56 zu 1, so hat man die französischen Härtegrade

Härtegrade.

Vergleichung der verschiedenen Härtegrade.

mit 0,56 zu multipliciren, um deutsche zu bekommen. — Englische Härtegrade gehen von einem Gehalt von 1 grain kohlensaurem Kalk in 1 Gallon Wasser als Einheit aus; 1 englischer Härtegrad verhält sich zu einem deutschen wie 1 : 1,25. —

Bei der Ausführung der Seifetitrirung in dem zu untersuchenden Wasser verfährt man nun genau wie bei der Einstellung der Seifelösung; auch hier muss annähernd dasselbe Verhältniss zwischen verbrauchter Seifelösung und Wasser eingehalten werden, wie bei jener Titrirung und hartes Wasser muss also eventuell so weit verdünnt werden, dass höchstens 45 cc Seifelösung zu 100 cc Wasser verwandt werden. Es ist das deshalb nöthig, weil die Umsetzung der Erdsalze mit den Seifen keineswegs in immer übereinstimmender Weise erfolgt. Namentlich werden die Magnesiaverbindungen weit schwerer und unvollkommener gefällt, als die Kalksalze; sind sie in grösserer Menge vorhanden, so bilden sie leicht Häutchen und Membranen, welche die gleichmässige Mischung der Flüssigkeiten hindern. Aber selbst wenn nur Kalksalze zugegen sind, verläuft die Zersetzung durch Seife nicht immer gleich und der zunehmenden Härte ist der Seifeverbrauch nicht einfach proportional. Wahrscheinlich bilden sich in verdünnten Lösungen leicht lösliche Doppelverbindungen zwischen Seife und Erdsalzen, und dadurch kann ein Ueberschuss von Seife gebunden und an der Schaumbildung verhindert werden. Bei höheren Härtegraden scheinen dagegen die bei der Umsetzung reichlich entstehenden Alkalisalze die Bildung der Doppelsalze zu beeinträchtigen. 1 cc Seifelösung hat daher eine geringere Wirkungskraft bei verdünnten als bei concentrirten Lösungen; und es ist nöthig, empirisch den Härtegrad von 100 cc Wasser zu ermitteln, welchen verschiedene, zur Zersetzung verbrauchte Mengen Seifelösung anzeigen. Man hat nun gefunden, dass durch einen Verbrauch von 3,4 cc angezeigt werden 0,5 Härtegrade; ferner

Unregelmässiger Ablauf der Reaction.

Empirisch ermittelter Wirkungswerth der Seifelösung.

durch	5,4	cc	Seifelösung	1,0	Härtegrad
„	7,4	„	„ „	1,5	Härtegrade
„	9,4	„	„ „	2,0	„ „
„	11,3	„	„ „	2,5	„ „
„	13,2	„	„ „	3,0	„ „
„	15,1	„	„ „	3,5	„ „
„	17,0	„	„ „	4,0	„ „
„	18,9	„	„ „	4,5	„ „
„	20,8	„	„ „	5,0	„ „
„	22,6	„	„ „	5,5	„ „
„	24,4	„	„ „	6,0	„ „
„	26,2	„	„ „	6,5	„ „

durch	28,0	cc	Seifelösung		7,0	Härtegrade	
„	29,8	„	„	„	7,5	„	„
„	31,6	„	„	„	8,0	„	„
„	33,3	„	„	„	8,5	„	„
„	35,0	„	„	„	9,0	„	„
„	36,7	„	„	„	9,5	„	„
„	38,4	„	„	„	10,0	„	„
„	40,1	„	„	„	10,5	„	„
„	41,8	„	„	„	11,0	„	„
„	43,4	„	„	„	11,5	„	„
„	45,0	„	„	„	12,0	„	„

Ausführung der Clark'schen Methode.

Mit Hülfe dieser Tabelle erfolgt die Ausführung der Clark'schen Methode in folgender Weise: 100 cc Wasser werden in ein Glas mit eingeschliffenem Stöpsel gebracht, das 200 cc Inhalt und bei 100 cc eine Marke hat. An einer Vorprüfung, bei welcher man circa 20 cc Wasser mit 5 cc Seifelösung versetzt hat, erkennt man je nachdem nur schwache Trübung oder starke Fällung entsteht, ob und wie weit etwa das Wasser zu verdünnen ist. Bei sehr hartem Wasser nimmt man dann z. B. statt 100 cc nur 10 cc zum Versuch und füllt mit destillirtem Wasser bis zur 100-Marke auf. Dann lässt man aus einer Bürette von der Seifelösung zulaufen, und schüttelt nach jedem neuen Zusatz; mit letzterem geht man zuerst rasch, später nur in Mengen von 0,5 cc oder tropfenweise vor. Sobald sich ein geringer Ueberschuss von Seifelösung durch einen dichten, etwa 1 cm hohen und innerhalb 5 Minuten sich nicht vermindernden Schaum anzeigt, liest man ab. Ein zweiter Versuch — eventuell mit anderer Verdünnung des Wassers — gestattet dann eine noch schärfere Beobachtung der Endreaction. — Die Zahl der Härtegrade ist nach obiger Tabelle aus der Zahl der verbrauchten Cubikcentimeter Seifelösung direct zu entnehmen.

Bestimmung der permanenten Härte.

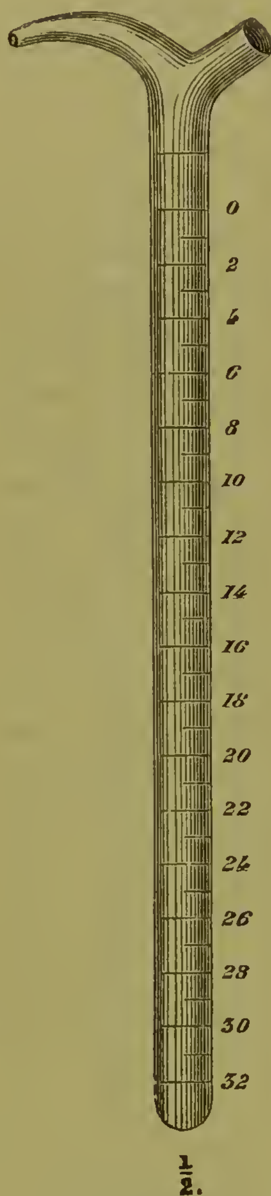
Soll auch die permanente Härte bestimmt werden, so hat man ein gemessenes Volum des Wassers (500 cc) in einem grösseren Kochkolben $^1/_2$—1 Stunde im Kochen zu erhalten, unter häufigem annähernden Ersatz des verdampften Wassers durch destillirtes Wasser. Nach dem Erkalten wird das so gekochte Wasser wieder in den ersten Maasskolben übergespült und auf das frühere Volum mit destillirtem Wasser aufgefüllt; man lässt dann abhitzen und filtrirt schliesslich durch ein nicht angefeuchtetes Filter in ein trockenes Glas. — In 100 cc dieses Filtrats wird die Härte genau wie oben bestimmt.

Für die Clark'sche Methode liegt eine Fehlerquelle darin, dass auch freie CO_2 zersetzend auf Seife einwirkt; im übrigen liefert sie verhältnissmässig brauchbare Resultate. —

Verfahren von Boutron und Boudet.

Das zweite, von Boutron u. Boudet angegebene Verfahren benutzt concentrirtere Lösungen und vermeidet dadurch in erheblichem Grade die Unregelmässigkeiten der Seifezersetzung. Zur Ausführung sind erforderlich: 1) Bariumnitratlösung. 0,574 gr Bariumnitrat zum Liter gelöst. 100 cc enthalten die 22 mgr kohlensaurem Kalk entsprechende Menge Barium, also = 22 französische Härtegrade; 40 cc = 8,8 mgr $CaCO_3$. 2) Seifelösung. 10 Theile der oben beschriebenen Seife werden in 260 Theilen Alkohol von 56° Tr. gelöst, heiss filtrirt, nach dem Erkalten in das nebenstehend abgebildete Hydrotimeter bis zum Theilstrich über 0 eingefüllt. Dann werden 40 cc der Bariumnitratlösung im Stöpselglas mit der Seifelösung versetzt, bis Schaumbildung eintritt; sind dazu weniger als 22 Hydrotimetergarde erforderlich, so ist die Seifenlösung weiter mit Alkohol zu verdünnen, bis genau 22° derselben 40 cc der Bariumnitratlösung entsprechen.

Fig. 57.



Hydrotimeter.

Gebrauch des Hydrotimeters.

Das Hydrotimeter ist eine enge Tropfbürette, an welcher der Raum, den 2,4 cc einnehmen, in 23 gleiche Theile getheilt ist, so dass der Theilstrich 22 zwischen sich und dem über 0 gelegenen ersten Theilstriche 2,4 cc begrenzt. Die Graduirung ist nach unten noch über den Theilstrich 22 hinaus bis zu 32 Grad fortgesetzt. Bei jeder Titrirung ist bis zu der oberhalb des Nullstrichs gelegenen Marke aufzufüllen, aber trotzdem der Verbrauch nur von 0 an zu rechnen, weil der überschüssige Bruchtheil Seifelösung erforderlich ist, um in 40 cc reinen destillirten Wassers Schaumbildung hervorzubringen. — 22° des Hydrometers sind auf 40 cc der Bariumnitratlösung eingestellt und zeigen folglich in diesen 8,8 mgr kohlensauren Kalk an; in 100 cc zeigen sie demnach $\frac{100}{40} \times 8,8 = 22$ mgr kohlensauren Kalk = 22 französische Härtegrade an; oder 1 Grad Seifelösung ist gleich 1 Theil kohlensauren Kalk in 100 000 Theilen Wasser oder gleich 1 französischen Härtegrade. —

Ausführung der Methode.

Von dem zu prüfenden Wasser werden nun 40 cc in ein Stöpselglas eingefüllt, das 80 cc Inhalt und bei 40 cc eine Marke hat. Bei einem Wasser von über 30 französischen Härtegraden wendet man nur 10 bis 20 cc an und verdünnt mit destillirtem Wasser auf 40 cc. — Die Seifelösung tropft man aus dem Hydrotimeter zu, indem man dasselbe mit Daumen und Mittelfinger ergreift und mit dem Zeigefinger die grössere Oeffnung verschliesst. Durch Neigen der Bürette und Lüften des Zeigefingers lässt man allmählich Seifelösung zum Wasser zufliessen, schüttelt nach jedem Zusatz, und liest, wenn dauernder Schaum gebildet wird, die verbrauchten Grade an dem vertikal gerichteten Hydrotimeter ab. — Die Bestimmung der permanenten Härte erfolgt in derselben Weise mit 40 cc eines Wassers, das gekocht, wieder aufgefüllt und filtrirt war (pag. 291). —

Die letzbeschriebene Methode hat ausser der Beeinträchtigung durch die zersetzende Wirkung der freien CO_2 noch mit dem Uebelstand zu kämpfen, dass in Folge der concentrirteren Seifelösung die unvermeidlichen Fehler erheblich mehr ins Gewicht fallen.

Methode von Wilson. Dieselbe vermeidet die Unregelmässigkeiten in der Zersetzung der Seifelösung durch einen Zusatz von Sodalösung zum Wasser. Im übrigen wird wie bei der Clark'schen Methode verfahren. 100 cc Wasser werden mit 4 cc gesättigter Lösung von reinem kohlensauren Natron versetzt und dann wie oben mit Seifelösung titrirt. — Auch die Letztere ist dieselbe wie im erstbeschriebenen Verfahren, nur dass statt der Bariumnitratlösung, welche durch die concentrirte Sodalösung gefällt werden würde, eine Lösung von Calciumchlorid zum Einstellen der Seifelösung benutzt wird; das Carbonat des Calciums ist weit leichter löslich. — 0,215 gr reiner gepulverter Kalkspath wird in verdünnter Salzsäure gelöst, dann zur Trockene verdampft und mit dest. Wasser zum Liter gelöst. 100 cc enthalten die 12 Theilen Kalk entsprechende Menge Calciumchlorid. Die Seifelösung wird soweit verdünnt, dass genau 36 cc der Seifelösung 100 cc der Calciumchloridlösung und also 3 cc Seifelösung einem (deutschen) Härtegrad entsprechen. — Verfahren von Wilson.

Der wesentlichste Fehler der Wilson'schen Methode besteht darin, dass das Erkennen der Endreaction sehr schwierig wird, sobald reichlich Magnesiaverbindungen zugegen sind; der Schaum, der noch vor der Ausfällung der letzteren sich bildet, verschwindet so schwer, dass er viel zu früh die Endreaction vortäuscht. Daher ist die Methode nur für ein von Magnesiumverbindungen fast freies Wasser zu verwenden.

Eine vierte Modification der Seifetitrirung ist von Fleck[25] angegeben, und besteht darin, dass das Wasser mit 10 Tropfen Lakmustinctur gekocht, dann mit titrirter Salpetersäure bis zur Röthung versetzt und mit Seifelösung titrirt wird, bis das entstandene neutrale Natronsalz die Säure des Lakmus neutralisirt und Blaufärbung hervorgerufen hat. — Verfahren von Fleck.

Die einzelnen Fehlerquellen der Seifetitrirung sind bereits oben (pag. 290) hervorgehoben. Wahrscheinlich sind die Gründe für den unregelmässigen Ablauf der Reaction noch nicht erschöpfend bekannt; der praktische Versuch hat aber zu wiederholten Malen gezeigt, dass die Methode mit sehr erheblichen Fehlerquellen behaftet ist und dass bedeutende Differenzen zwischen der Gewichtsbestimmung von Kalk und Magnesia und der Seifetitrirung hervortreten.[26] — In allen Fällen, wo es auf eine genaue Kenntniss der Mengen von Erdsalzen im Wasser ankommt, ist daher auf die Gewichtsanalyse zu recurriren; für hygienische Fragen handelt es sich aber selten um mehr, als eine annähernde, oberflächliche Kenntniss des Gesammthärtegrades und daher reichen die Seifetitrirungen in der Regel für hygienische Analysen aus. Fehlerquellen und Indication der Seifetitrirungen.

4) Bestimmung der Alkalien. Die Alkalien sind in ihren Salzen so leicht löslich, dass es sehr schwer ist, sie zur Abscheidung zu bringen und zu isoliren. Die Methoden zu ihrer Bestimmung sind aus diesem Grunde sehr zeitraubend und ohne Uebung in Laboratoriumsarbeiten nicht ausführbar; da aber nur selten im hygienischen Interesse eine genaue Kenntnis der Alkalimenge eines Wassers gewünscht wird, so kann hier nur kurz der Gang der Analyse skizzirt, im übrigen aber auf die Handbücher der chemischen Analyse verwiesen werden. 4) Bestimmung der Alkalien.

Das Wasser wird auf circa $^1/_5$ des Volums eingedampft und dann mit Bariumhydrat versetzt; vom Niederschlag, der Carbonate und Hydrate der Erden, sowie die Schwefelsäure, Phosphorsäure, Kieselsäure als Barium- oder Calciumsalze enthält wird filtrirt; Barium- und Calciumcarbonat werden durch Zusatz von kohlensaurem Ammoniak ausgefällt; man erhitzt, filtrirt, dampft mit etwas oxalsaurem Ammon zur Trockene, glüht schwach, nimmt den Rückstand in wenig heissem Wasser auf und filtrirt; verdampft nochmals mit etwas Salzsäure, glüht gelinde und wägt die Summe der Alkalichloride. Zur Trennung von Kalium und Natrium wird der gewogene Rückstand in wenig Wasser gelöst und mit überschüssigem Platinchlorid versetzt; man dampft auf ein kleines Volum ein, und fügt dann Alkohol zu, dem man $^1/_5$ seines Volums Aether zugemischt hat; das ungelöst bleibende Kaliumplatinchlorid wird auf ein gewogenes Filter filtrirt und dann trocken gewogen. — Die Menge des Natriumchlorids wird aus der Differenz zwischen Summe der Alkalichloride und Kaliumchlorid gefunden. —

Stolba's abgekürzte Alkalienbestimmung.

Speciell zur Alkalienbestimmung im Trinkwasser sind mehrere Vorschläge gemacht, von denen hier nur der Stolba's Erwähnung finden möge.[27] Etwa 1000 cc Wasser werden zur Trockene verdampft, der Rückstand mit Kieselflusssäure und starkem Weingeist behandelt und die gebildeten Kieselfluoralkalien gesammelt und ausgewaschen. Man löst dann auf dem Filter in siedendem Wasser und titrirt in einem gemessenen Antheil des erkalteten Filtrats die Kieselflusssäure mittelst Natronlauge; den Rest des Filtrats verdampft man mit saurer Platinchloridlösung zur Trockne, sammelt das gebildete Kaliumplatinchlorid auf einem Filter, wäscht mit Alkohol aus, löst in heissem Wasser, filtrirt, dampft ein und wägt das getrocknete Kaliumplatinchlorid. — Aus der durch Titrirung ermittelten Menge der Kieselflusssäure und der erhaltenen Quantität Kaliumplatinchlorid sind Kali und Natron zu berechnen.

Hygienische Bedeutung der beschriebenen Methoden.

Hygienische Bedeutung der Bestimmung von Kochsalz, Schwefelsäure, Härte und Alkalien. Soll einer dieser Bestandtheile als Repräsentant der Menge von Abfallstoffen anerkannt werden, die an einer Localität in Boden und Wasser eingedrungen sind, so muss er mindestens zwei Bedingungen genügen: 1) derselbe darf keine weitere Quelle seines Ursprungs haben, als eben jene Stadtlaugenstoffe; im reinen Boden und reinen Wasser darf er nur in verschwindender Menge vorkommen. 2) Derselbe muss, um eine Vergleichung zwischen verschiedenen Wässern zu gestatten, stets in voller Menge oder zu einem constanten Bruchtheil ins Wasser übertreten; und die aufnehmende Wassermasse muss einigermaassen constant sein; nur dann kann aus dem Procentgehalt des Wassers auf die Menge der übergetretenen charakteristischen Stoffe geschlossen werden.

Erfordernisse eines als Maassstab der Abfallstoffe geltenden Bestandtheils.

Schwefelsäure, Erden und Alkalien entstammen auch anderen Quellen als den Abfallstoffen.

Schwefelsäure, Kalk und Magnesia, Alkalien genügen schon nicht der ersten Bedingung. Alle drei finden sich im reinen Boden und reinen Wasser; die Schwefelsäure z. B. in sehr grossen Mengen, wenn Gipslager vorhanden sind (obwohl der Gips sich selten als solcher im Wasser findet, sondern durch kohlensaure Alkalien eine Umsetzung erfährt). Eine auffällige Vermehrung dieser Stoffe, namentlich der Magnesia und des Kali's kann zwar häufig von einer Verunreinigung durch sogenannte Stadtlauge her-

rühren; aber als Maass derselben sind diese Körper nicht zu gebrauchen, weil sie ebensooft anderen Ursprung haben und weil sie auf dem Wege durch den Boden leicht Umsetzungen erfahren, die ein Zurückhalten im Boden oder ein Unlöslichwerden bedingen. Ausserdem unterliegen dieselben aber sämmtlich noch dem Einwand, dass sie der zweiten oben aufgestellten Bedingung ebensowenig genügen können wie der letzte jener Repräsentanten, das Kochsalz.

Das Kochsalz hat allerdings vor den übrigen Bestandtheilen des Wassers den Vorzug voraus, dass es fast immer lediglich durch die Abfallstoffe ins Wasser gelangt. Im Boden findet sich im Bereich des Wassers kein Kochsalz; alle Analysen von Wasser aus nicht bebauten, nicht verunreinigten Gegenden zeigen nur Spuren dieser Verbindung und höchstens in unmittelbarer Nähe des Meeres kann ein Salzgehalt im Wasser auftreten, der nicht mit den Abfallstoffen in den Boden gelangt ist. Ausserdem tritt das Kochsalz, ohne eine Aenderung seines Bestandes zu erfahren, durch den Boden hindurch; und die leichte Ausführbarkeit einer exacten Methode zu seiner Bestimmung lässt dasselbe als ganz besonders für den analytischen Nachweis geeigneten Repräsentanten der Stadtlaugenstoffe erscheinen.

Nur das Kochsalz gelangt wesentlich durch die Abfallstoffe ins Grundwasser.

So richtig es aber auch ist, in einem hohen Kochsalzgehalt des Wassers stets eine stärkere Verunreinigung der Localität und des Wassers mit Abfallstoffen zu sehen (mit Ausnahme der leicht durch Localinspection zu ermittelnden Fälle, wo durch chemische Fabriken etc. Chlor in den Boden gelangt), so wenig ist es gestattet, den Kochsalzgehalt als einen genauen Maassstab der Verunreinigung anzusehen, der sich ohne weiteres an alle Brunnenwässer anlegen lässt. Die Ursache hierfür liegt in der zweiten oben aufgestellten Bedingung, die auch vom Kochsalz nicht erfüllt wird. Der Durchtritt des Kochsalzes durch den Boden erfolgt nicht überall und an allen Orten in gleicher Weise; sondern namentlich nach Maassgabe der Niederschläge periodisch schneller und langsamer und ferner sehr verschieden rasch und gleichmässig, je nachdem der Boden dicht oder durchlässig ist. Ausserdem bietet das aufnehmende Grundwasser grosse Differenzen je nach seiner Masse und seiner Fortbewegung. In dichtem Boden findet leicht Anhäufung des Kochsalzes statt; Niederschläge vermögen den Boden nur langsam zu durchdringen, das Grundwasser stagnirt fast ganz und bildet leicht begrenzte Becken — alles Umstände, welche zu einem hohen, periodischen oder dauernden, Kochsalzgehalt des Wassers führen müssen. Dieselbe Menge Kochsalz kann in lockeren Boden während der gleichen Zeit eintreten, ohne dass bei dem reichlicheren Auswaschen des Bodens und bei der raschen Bewegung grösserer Grundwasser-

Aus dem Kochsalzgehalt des Wassers ist aber nur dann auf die Menge der Abfallstoffe zu schliessen, wenn gleiche Bodenverhältnisse vorliegen.

massen ein irgend bedeutender Kochsalzgehalt des Wassers zu Tage treten kann.

Nur wenn die wesentlichsten, im Boden, in der Anlage und Benutzung des Brunnens etc. gelegenen Einflüsse, welche ausser dem Maass der Verunreinigung auf den Gehalt des Wassers an Kochsalz einwirken können, genügende Berücksichtigung finden, ist eine Vergleichung des Kochsalzgehalts verschiedener Brunnen zum Zweck eines Rückschlusses auf ihre grössere oder geringere Verunreinigung statthaft. Liegen z. B. von ein und demselben, im wesentlichen gleichartigen Terrain verschiedene Wasserproben vor, so kann aus einem stärkeren Kochsalzgehalt der einen von ihnen auf eine stärkere Verunreinigung der betreffenden Localität geschlossen werden. Dagegen ist es nicht statthaft aus einer Einzelanalyse weitere Schlüsse zu ziehen oder Wässer verschiedener Städte und Stadttheile ohne weiteres nach ihrem Kochsalzgehalt abzuschätzen.[28] —

Literatur. 1) Liebig, Ann. Chem. Pharm. 85, 297. — 2) Pisani, Ann. des mines 10, 83. — 3) Bohlig, Zeitschr. f. anal. Ch. 9, 310. — 4) Trommsdorff, Zeitschr. f. anal. Ch. 8, 330. — 5) Volhard, Ann. Chem. Pharm. 190, 1. — 6) Mohr, Titrirmethode, 5. Aufl. — 7) Leeds, Zeitschr. f. anal. Ch. 17, 277. — 8) Stolba, Dingler's Journ. 168, 43. — Fresenius, Zeitschr. f. anal. Ch. 9, 52. — 9) Mohr, Ann. Chem. Pharm. 90, 165. — 10) Clemm, Dingler's Journ. 192, 229. — 11) Wildenstein, Zeitschr. f. anal. Ch. 1, 323. — 12) A. Müller, Chem. Ber. 3, 881. — 13) Hempel, Zeitsch. f. anal. Ch. 14, 17. — 14) Wildenstein, Zeitschr. f. anal Ch. 1, 432. — Brügelmann, Zeitschr. f. anal. Ch. 16, 19. — 15) F. Schulze, Pogg. Ann. 129, 366. — Liebermann, Zeitschr. f. anal. Ch. 8, 359. — 16) Nach Kubel-Tiemann, Anleitung. — 17) Trommsdorff, Zeitschr. f. anal. Chem. 8. 340. — 18) Kraut, Chem. Centralbl. 1856, 316. — 19) Wagner, Zeitschr. f. anal. Ch. 11, 334. — 20) Mohr, Titrirmethode, 5. Aufl. — 21) Legler, Zeitschr. f. anal. Ch. 15, 425. — 22) Clark, Repert. of Patent Invent. 1841. — Dingler's Journal 83, 193. — 23) Boutron & Boudet, Hydrotimétrie, Paris, Masson. — Trommsdorff, Zeitschr. f. anal. Ch. 8, 340. — 24) Wilson, Ann. Chem. Pharm. 119, 318. — Zeitschr. f. anal. Ch. 1, 106. — 25) Fleck, Dingler's Journ. 185, 226. — 26) Warington, Journ. of the Chem. Soc. N. Ser. 3, 27. — Schneider, Zeitschr. f. anal. Ch. 4, 225. — Gräger, Chem. Centralbl. 3, 152. — Ludwig, Zeitschr. f. anal. Ch. 10, 289. — Reichardt, Zeitschr. f. anal. Ch. 10, 284. — Tiemann, Chem. Ber. 6, 277. — 27) Gräger, N. Jahrb. f. Pharm. 30, 9. — Zeitschr. f. anal. Ch. 8, 499. — Stolba, Sitzungsber. der K. Böhm. Ges. d. Wiss. 1873. — Zeitschr. f. anal. Ch. 13, 79. — 28) Flügge, Zeitschr. f. Biol. 13, 426. —

V. Nachweis von seltener vorkommenden Bestandtheilen des Trinkwassers.

1) Phosphorsäure. Zum qualitativen Nachweis kocht man etwa 500 cc des Wassers, filtrirt den entstandenen Niederschlag, der alle Phosphorsäure enthält, ab und löst denselben in Salzsäure. Man verdampft zur Trockene, erhitzt kurze Zeit wenig über 100°, nimmt in Salzsäure und Wasser auf und filtrirt. Das Filtrat fügt man zu einer schwach erwärmten, klaren Lösung von Ammoniummolybdat in Salpetersäure. Eine gelbe Färbung oder ein nach einiger Zeit entstehender Niederschlag (von phosphor-molybdänsaurem Ammoniak) zeigt Phosphorsäure an. — Bei dem stets nur spurweisen Vorkommen von Phosphorsäure in Trinkwässern ist fast niemals eine quantitative Bestimmung derselben indicirt; erforderlichen Falls hat dieselbe mittelst Ammoniummolybdat in der in den Handbüchern der quantitativen chemischen Analyse beschriebenen Weise zu erfolgen. Nachweis der Phosphorsäure.

2) Kieselsäure. Der qualitative Nachweis derselben wird geführt, indem der Trockenrückstand von etwa 200 cc Wasser anhaltend schwach geglüht wird, bis alle Kohle verbrannt ist; man befeuchtet dann wiederholt mit Salzsäure und dampft zur Trockene. Die nun unlöslich gewordene Kieselsäure bleibt, mit Salzsäure und Wasser behandelt, als Rückstand zurück, der sich in einer erwärmten Lösung von kohlensaurem Natron löst. — Eine genauere Bestimmung ist im hygienischen Interesse meist nicht erforderlich; neuerdings hat jedoch Legler[1] darauf aufmerksam gemacht, dass die Titrirung der gebundenen Kohlensäure mittelst Normalsäure zu hohe Werthe für die Kohlensäure giebt, weil die kieselsauren Alkalien ebenfalls durch die Schwefelsäure zersetzt werden und einen gewissen Theil derselben binden. In diesem Falle ist die Kieselsäure einmal gewichtsanalytisch zu bestimmen, und zweitens ist die ganze zur Titrirung verbrauchte Schwefelsäuremenge auf Kieselsäure zu berechnen; bezeichnet man das erste Resultat mit a, das zweite mit b, so ist $\frac{30}{22} = \frac{a-b}{x}$, x = die Menge der gebundenen CO_2 im Wasser. Bestimmung der Kieselsäure. Einfluss der Kieselsäure auf die CO_2-Titrirung.

Die quantitative Bestimmung des Kieselsäure geschieht in 500 cc Wasser, die in einer Platinschaale mit Salzsäure angesäuert und zur Trockene verdampft werden. Der Rückstand wird mit concentrirter Salzsäure befeuchtet; nach 10 Min. setzt man 50 cc dest. Wasser zu, verrührt, lässt absitzen, filtrirt die ausgeschiedene Kieselsäure auf ein kleines Filter und wäscht sorgfältig aus. Das Filter mit Niederschlag wird dann vollkommen getrocknet, verascht und gewogen. —

3) Thonerde und Eisen. Beide bestimmt man im salzsauren Filtrat von der Kieselsäure; wenn Eisen als Oxydul vorhanden ist, so hat man einige Körnchen chlorsaures Kali zuzusetzen und zu kochen, bis der Geruch nach Chlor verschwunden ist. Die siedende Flüssigkeit wird darauf mit Ammoniak im Ueberschuss versetzt und gekocht, bis der Geruch nach Ammoniak verschwunden ist. Der Niederschlag, welcher Thonerde und Eisenoxydhydrat enthält, wird auf einem Filter gesammelt, mit heissem Wasser ausgewaschen, getrocknet, geglüht und gewogen. Ist Bestimmung von Thonerde und Eisen.

Eisen vorhanden, so ermittelt man dessen Menge am Besten in einer anderen Portion auf dem unten zu beschreibenden Wege und findet die Thonerde aus der Differenz zwischen der gewogenen Summe und der Eisenmenge.

Den qualitativen Nachweis der Thonerde führt man, indem man den Niederschlag in Salzsäure löst und mit reiner Natronlauge übersättigt; das Eisen fällt aus, Thonerde bleibt in Lösung; man filtrirt und versetzt mit Salmiaklösung, die eventuell, namentlich beim Erhitzen, einen weissen, voluminösen Niederschlag von Thonerdehydrat abscheidet.

Bestimmung des Eisens.

Vorkommen und Bedeutung des Eisens im Wasser.

4) Das Eisen ist innerhalb der letzten Jahre zeitweise in solcher Menge im Wasser einiger Wasserleitungen und Brunnen aufgetreten, dass die betreffenden Anlagen dadurch völlig unbrauchbar wurden. — Dasselbe kommt im Wasser fast nur in Form von Oxydulsalz vor, da die in Betracht kommenden Oxydsalze sämmtlich ganz oder beinahe unlöslich sind. Gewöhnlich besteht der Eisengehalt eines Wassers aus schwefelsaurem Eisenoxydul (Eisenvitriol) oder aus kohlensaurem Eisenoxydul, welches ähnlich wie die kohlensauren Erden, durch halbgebundene Kohlensäure gelöst ist. Bei längerem Stehen eines Wassers an der Luft, oder durch Zusatz oxydirender Mittel bilden sich Oxyde und scheiden sich als unlöslicher Niederschlag ab; aus dem kohlensauren Eisenoxydul wird Eisenoxydhydrat; aus dem Eisenvitriol werden basische Ferrisulfate, die nicht vollkommen, aber nahezu unlöslich in Wasser sind. —

Das Eisen kommt im oberflächlichen Erdreich gewöhnlich als Eisenoxydhydrat, als Eisenoxyd, und als Schwefeleisen vor; aus letzterem kann durch Feuchtigkeit und Lufteinfluss Ferrosulfat entstehen und bei rascher Fortführung des gebildeten löslichen Salzes ins Wasser gelangen. Kohlensaures Eisenoxydul entsteht dagegen aus Eisenoxyd und Eisenoxydhydrat, wenn reducirende organische Substanz in grösserer Menge im Erdreich vorhanden ist und durch stärkere den Boden durchdringende Wassermassen sowie durch reichliche CO_2 die Möglichkeit gegeben wird, dass eine ausgebreitete Reduction des Eisenoxyds stattfindet und das gelöste kohlensaure Oxydulsalz ins Grundwasser übergeführt wird. Vermodernde Baumstämme, Torflager etc. sind z. B. zu der Rolle solcher reducirender Substanzen geeignet und können, wenn sie in oberflächlichen, zugleich eisenhaltigen Erdschichten enthalten sind, die darunter gelegenen Bezugsquellen einer Wasserleitung aufs höchste gefährden.[2]

Qualitativer Nachweis durch Blutlaugensalz,

Der qualitative Nachweis des Eisens geschieht, wenn man eine eben entnommene Probe vor sich hat, durch Zusatz von einigen Tropfen einer Lösung von Ferridcyankalium (rothes Blutlaugensalz); mit anwesenden Eisenoxydulsalzen entsteht ein blauer Niederschlag von Eisenferridcyanür (Turnbull's Blau); bei grosser Verdünnung nur eine dunkelblaugrüne Färbung. — Hat das Wasser schon längere Zeit gestanden, so dass das Eisenoxydul in Oxyd verwandelt sein kann, so ist letzteres durch

Zusatz von Salzsäure zu lösen; man fügt dann einige Tropfen einer Lösung von Ferrocyankalium (gelbes Blutlaugensalz) zu; es entsteht sofort Berliner Blau. — Eine noch etwas empfindlichere Reaction auf Eisenoxydsalze besteht im Zusatz von Rhodankalium, durch welches eine blutrothe Färbung hervorgerufen wird; auf Weingeistzusatz und Erhitzen verschwindet dieselbe nicht, dagegen durch essigsaures Natron. (Unterschied von ähnlichen Reactionen.) Durch Schütteln mit Aether, welcher das Rhodaneisen aufnimmt, lässt sich der Nachweis noch verfeinern.[3] durch Rhodankalium.

Zur quantitativen Bestimmung verwendet man am zweckmässigsten eine Titrirmethode, welche sich auf die Oxydirbarkeit des Eisenoxyduls durch Chamäleon stützt. Man benutzt dazu eine Chamäleonlösung, die auf die früher beschriebene $^1/_{10}$ Normal-Oxalsäure eingestellt, aber so verdünnt ist, dass ungefähr 5 cc der Chamäleonlösung 1 cc der Oxalsäurelösung entsprechen. Da ein Molekül Oxalsäure (126) 2 Moleküle Eisenoxydulsalz zu oxydiren vermag, so berechnet sich die Menge des Eisens (2 Fe = 112) aus der durch die gleiche Menge Chamäleon oxydirten Oxalsäure nach dem Verhältniss von 112 : 126. — Selbstverständlich muss man sicher sein, dass das Eisen des Wassers nur als Oxydulsalz zugegen ist; die Titrirung hat daher stets unmittelbar nach der Probenahme zu erfolgen. Quantitative Bestimmung. Titrirung mit Chamäleon.

Zur Ausführung versetzt man 100 cc Wasser mit 20 cc verdünnter Schwefelsäure und lässt aus einer Bürette Chamäleonlösung zufliessen, bis eben Röthung eintritt. Sind häufigere Eisenbestimmungen nöthig, so ist es praktisch, die Chämäleonlösung gerade so einzustellen, dass 1 cc derselben = 1 mill. Fe entspricht. —

Ist salpetrige Säure im Wasser in merkbarer Quantität vorhanden, so beeinträchtigt sie das Resultat, da sie mit bestimmt wird. Man kann dieselbe dann mittelst Metaphenylendiamin besonders ermitteln und den Betrag, auf die Chamäleonlösung umgerechnet (vgl. pag. 258) in Abzug bringen.

Organische Substanzen werden die Methode seltener stören, da sie bei der vorgeschriebenen Art des Chamäleonzusatzes meistens nicht einer hinreichend raschen Oxydation anheimfallen, um die Endreaction unsicher zu machen. Sind dennoch derartig stark reducirend wirkende Stoffe zugegen, dass der Eintritt der Endreaction zweifelhaft erscheint, so ist am zweckmässigsten eine Oxydation des Eisenoxyduls und der organischen Substanzen durch Zusatz von Salzsäure und etwas chlorsaurem Kali (oder durch Chlorwasser) zu veranlassen; man kocht nach dem Zusatz, bis der entstandene Geruch nach Chlor vollständig verschwunden ist. Entfernung der organischen Substanzen.

Die so erhaltene Lösung von Eisenoxyd ist dann ebenso zu behandeln, wie jedes Wasser, das schon längere Zeit gestanden und Flocken von Eisenoxydsalz abgesetzt hat, welche zunächst durch Zusatz von Salzsäure wieder gelöst sind. Man reducirt nämlich die gesammte Eisenoxydmenge solcher Lösungen durch nascirenden Wasserstoff, indem man dieselben in einem langhalsigen schiefliegenden Kolben erhitzt und Stückchen eisenfreies Zink in letzteren hineinwirft; gleichzeitig leitet man einen langsamen Strom von CO_2 durch den Kolben, der zu diesem Zweck mit dop- Reduction der Eisenoxydlösungen.

pelt durchbohrtem Kork versehen sein muss. Hat die H-Entwicklung längere Zeit gedauert und ist vollständige Entfärbung der Flüssigkeit eingetreten, so lässt man im CO_2-Strom erkalten, giesst dann vom ungelösten Zink ab, spült mit Wasser nach und titrirt schliesslich wie oben mit Chamäleonlösung.

Colorimetrische Bestimmung des Eisens.

Sind nur sehr geringe Spuren von Eisen vorhanden und will man dieselben quantitativ bestimmen, so kann man dies auf colorimetrischem Wege versuchen, indem man die Färbung, die auf Zusatz von Ferrocyankalium in dem vorher oxydirten Wasser entsteht, mit der Färbung einer aus bekannter Eisenmenge hergestellten Lösung von Berliner Blau vergleicht. Man verfährt dabei genau wie bei der colorimetrischen Bestimmung des Ammoniaks; selbstverständlich eignet sich die Methode nur zur Ermittlung minimalster Mengen.

Nachweis des Blei's.

5) Blei. Aus Wasserbehältern und Leitungsröhren treten zuweilen Spuren von Blei ins Wasser über. Um dieselben nachzuweisen versetzt man 200 cc Wasser in einem engen Cylinder mit Essigsäure und leitet Schwefelwasserstoff ein; bei Gegenwart von Blei tritt Fällung von schwarzem Schwefelblei ein. Um gegen eine Verwechslung mit anderen Schwefelmetallen gesichert zu sein, filtrirt man den Niederschlag ab, löst ihn in warmer Salpetersäure, verdünnt etwas mit Wasser und versetzt mit Schwefelsäure. Ein weisser Niederschlag von $Pb\,SO_4$ zeigt Blei an.[4]

Nachweis des Zink's.

6) Zink. Ebenfalls aus Wasserbehältern stammend, lässt es sich durch Schwefelammonium als weisser Niederschlag von Schwefelzink nachweisen.[5] Wird gleichzeitig Blei vermuthet, so ist dieses zunächst durch Schwefelwasserstoff in salzsaurer Lösung zu entfernen; oder die Lösung des Niederschlags in Salpetersäure ist wie oben mit Schwefelsäure zu behandeln, und das Filtrat vom $PbSO_4$ auf Zn zu prüfen. — Ist Eisen zugegen, so geht dieses in den Schwefelammoniumniederschlag mit über; man hat beide zu trennen durch Kochen mit essigsaurem Natron in schwach saurer Lösung, und im Filtrat das Zink nachzuweisen. — Zur quantitativen Abschätzung kann man ein colorimetrisches Verfahren benutzen, dem die durch Ferrocyankalium und Salzsäure in zinkhaltigem Wasser entstehende Trübung zu Grunde liegt.[6] —

Nachweis von Schwefelwasserstoff.

7) Zuweilen treten einzelne fremde Gasarten ins Wasser über. So finden sich Spuren von Schwefelwasserstoff, die aber in kleinster Menge durch den Geruch erkannt werden und dann das Wasser als nicht mehr zum Trinken geeignet erscheinen lassen. Bestätigung durch chemische Reactionen kann nach den auf pag. 153 angegebenen Methoden erfolgen.

Erkennung kleinster Spuren v. Kohlenwasserstoffen.

Beimengungen von Kohlenwasserstoffen erkennt man durch gasanalytische Untersuchung. Zum Nachweis minimalster Spuren wird nach Entfernung von Kohlenoxyd, Kohlensäure und Sauerstoff eine kleine Menge des Gasgemenges in eine leere Geissler'sche Röhre gebracht; nach deren hermetischem Verschluss lässt man den elektrischen Funken durchschlagen; ist Kohlenwasserstoff zugegen, so leuchtet das Gas sofort mit bläulichem Licht und durch das Spectroskop lassen sich die Linien und Streifen des Kohlenstoffs erkennen.[7] — Zum Nachweis von Leuchtgas, das in der Nähe von Gasanstalten nicht selten die Brunnenwässer verunreinigt, dient entweder eine von Himly[8] angegebene Methode; man vermischt eine grössere Probe mit Chlorwasser, setzt kurze Zeit dem Sonnenlicht aus und entfernt das überschüssige Chlor durch Schütteln mit Quecksilberoxyd; lässt sich dann, eventuell nach partieller Destillation, ein Geruch nach Elaylchlorür oder ähnlichen Chlorkohlen-

Nachweis von Leuchtgas.

wasserstoffen wahrnehmen, so ist eine Verunreinigung durch Leuchtgas erwiesen. Oder einfacher weist man das Leuchtgas und namentlich den Zufluss von Abwässern einer Gasfabrik noch durch die Prüfung auf Rhodanammonium (mittelst Eisenchlorid, s. pag. 299).[9]

Literatur. 1) LEGLER, Fleck's 6. u. 7. Jahresbericht, p. 80. — 2) F. HOFMANN, Die Wasserleitung zu Leipzig. Leipzig 1877. — 3) NATANSON, Ann. Chem. Pharm. 130, 246. — 4) Vgl. BISCHOF, Z. f. anal. Ch. 18, 73. — 5) AARLANDT, Corr. Bl. d. Ver. anal. Chem. 2, 7. — 6) MYLIUS, Corr. Bl. d. Ver. anal. Chem. 2, 11. — 7) DE NEGRI, Z. f. anal. Chem. 16, 461. — 8) HIMLY, Unters. aus dem Universitäts-Labor. zu Kiel. Kiel 1877. — 9) FISCHER, Dingl. Journ. 211, 139. —

VI. Abgekürzte Trinkwasseranalyse.

Vorschläge zur abgekürzten Trinkwasseranalyse.

Vielfach ist das Bestreben hervorgetreten, aus der grossen Menge von brauchbaren Methoden zur Wasseranalyse einige wenige herauszuwählen, durch die ein rasches Urtheil über die hygienische Beschaffenheit eines Trinkwassers gewonnen werden kann, und diesen wenigen Methoden noch eine möglichst einfache und mittelst compendiöser, leicht transportabler Apparate ausführbare Form zu geben. — Ein derartiger Vorschlag ist von BÖHR gemacht: die Mehrzahl der Analysen werden durch Vergleich der Färbungen oder Niederschläge ausgeführt, welche im untersuchten Wasser einerseits, und in sog. Controllösungen andererseits durch dasselbe Reagens hervorgerufen werden; die Controllösungen enthalten eine bekannte Menge des zu prüfenden Bestandtheils und zwar so viel, als im äussersten Falle in einem nicht verunreinigten Trinkwasser vorkommen darf.

Verfahren von Boehr.

Die Untersuchung erstreckt sich 1) auf Ammoniak. 10 cc Wasser werden mit 4—5 Tropfen NESSLER'schem Reagens versetzt. — Zum Vergleich hat man eine Lösung von 2 milligr. Ammoniak im Liter vorräthig und dieser wird in derselben Weise behandelt. — Tritt in der Wasserprobe eine Gelbfärbung oder ein gelber Niederschlag auf, so ist die Prüfung nach Entfernung der Kalk- und Magnesiasalze (s. oben) zu wiederholen. 2) Salpetrige Säure. 10 cc des Wassers und 10 cc der Controlflüssigkeit, die 2 milligr. salpetrige Säure im Liter enthält, werden mit Kaliumjodidstärkelösung und verdünnter Schwefelsäure versetzt und die Färbungen verglichen. 3) Salpetersäure. 3—4 Tropfen einer Lösung von 12,8 milligr. Salpetersäure im Liter werden in weissem Schälchen mit ebensoviel gesättigter Brucinlösung und 6—8 Tropfen concentrirter Schwefelsäure versetzt. Das Wasser wird ebenso geprüft und die Färbungen verglichen. 4) Chloride. 20 cc einer Kochsalzlösung von 20 mill. Chlor im Liter, und ebenso 20 cc Wasser, werden mit einigen Tropfen einer Lösung von salpetersaurem Silber (1 : 20) versetzt. Die entstehende

Trübung wird verglichen. — 5) Schwefelsäure und 6) Kalk werden durch Vergleichung der bei gleichmässig angestellter qualitativer Prüfung im Wasser und in den Controlflüssigkeiten entstehenden Niederschläge von schwefelsaurem Baryt resp. oxalsaurem Kalk bestimmt. — Ferner soll die Härte nach Boutron und Boudet, die Oxydirbarkeit durch Chamäleon nach Kubel-Tiemann ermittelt und eventuell eine Prüfung auf Eisensalze zugefügt werden. —

Die zu diesen Reactionen erforderlichen Lösungen und Apparate sind in einem compendiösen Kasten zusammengestellt, der für 30 Mark von der Simon'schen Apotheke in Berlin zu beziehen ist.

Vorschriften der Kriegs-Sanitäts-Ordnung.

Aehnlich lauten die Vorschriften der Kriegs-Sanitäts-Ordnung vom 10. Januar 1878 über chemische Trinkwasseruntersuchungen im Felde. Auch hier dienen Controlflüssigkeiten zum Vergleich mit dem zu prüfenden Wasser. Die Gesammthärte und die permanente Härte wird nach Boutron und Boudet bestimmt; aus der permanenten Härte wird die Schwefelsäure geschätzt. Die organischen Substanzen werden nach der Kubel-Tiemann'schen Methode analysirt.

Verfahren von Hiller.

Neuerdings ist von Hiller noch ein Verfahren zur expediten Wasseruntersuchung empfohlen, das sich durch zwei Eigenthümlichkeiten auszeichnet. Erstens sucht man nach Möglichkeit einfache physikalische Hülfsmittel zur Erkennung der Eigenschaften eines Wassers zu benutzen; dies geschieht durch Anwendung des oben (pag. 233) erwähnten Hydrometers, mit welchem eine specifische Gewichtsbestimmung und eine genaue Prüfung der Farbe und Durchsichtigkeit vorgenommen wird. Im Anschluss daran wird der Geruchs- und Geschmacksprüfung besondere Beachtung geschenkt. Zweitens hat Hiller einige der bisher üblichen Titrirmethoden dahin abzuändern versucht, dass nicht mehr bestimmte Mengen des Wassers mit den Reagentien titrirt, sondern dass vielmehr abgewogene Dosen der Reagentien mit dem zu untersuchenden Wasser austitrirt werden — also ein ähnliches Verfahren wie bei der minimetrischen Methode zur CO_2-Bestimmung der Luft. Die abgewogenen Dosen, die den Vortheil eines leichten Transports mit sich bringen, werden in Pulverform oder mit gepulvertem Glas und Wasserglas etc. in Pillenform gebracht, und enthalten die äusserste, für 100 cc gutes Wasser zulässige Menge des Reagens. — Vollständige Apparate zur Ausführung der Hiller'schen Wasseruntersuchung sind von Geissler in Berlin, Halle'sches Ufer 26, zu beziehen.

Leistungsfähigkeit der Vorschläge zur abgekürzten Trinkwasseranalyse.

Die angeführten Vorschläge zur abgekürzten Trinkwasseranalyse liefern keine wesentlich neue, im Voraufgehenden nicht schon beschriebene Methoden, sondern geben nur eine kürzere und meistens ungenauere Ausführung bekannter Untersuchungsweisen; sie leisten daher selbstverständlich keinesfalls mehr wie jene und werden von der kritischen Beleuchtung dieser Methoden mit getroffen. Ausserdem aber erscheinen die Vorschläge zur abgekürzten Analyse für die Zwecke des weniger geübten Beobachters, der hauptsächlich auf solche oberflächliche Prüfungen hingewiesen ist, im Ganzen schlecht geeignet. Die Vergleichung der Färbungen und der Niederschläge kann man nur dann mit einiger Sicherheit ausführen, wenn längere Uebung in dergleichen Arbeiten die vorkommenden Abstufungen und Nüancen genau kennen gelehrt hat. Ausserdem bieten die Vorschläge eine zu grosse Zahl von Methoden, die durchaus kein neues Moment für die hygienische Beurtheilung zu den schon aus andern Methoden gewonnenen Erfahrungen hinzubringen. — In welcher Weise die Zahl der Reactionen zu verringern, dagegen die Ausführung der einzelnen Methode genauer herzustellen ist, darüber sind am Schlusse dieses Abschnitts einige Hinweise enthalten. — Dass das Hydrometer zur annähernden Bestimmung des Trockenrückstandes wohl geeignet sein dürfte, ist bereits pag. 237 erörtert; von der Anwendung

der dispensirten Reagentiendosen ist Hiller selbst bereits grösstentheils zurückgekommen, weil die genaue Herstellung derselben zu viel Schwierigkeiten macht. —

Literatur. 1) Boehr, Vorschläge zur raschen Untersuchung des Trinkwassers, abgedruckt im Hirschwald'schen Medicinalkalender 1878 u. folg. Jahre. — Tiemann u. Preusse, Kritik der Boehr'schen Vorschläge. Viertelj. f. ger. Med. N. F. 27. H. 2. — 2) Kriegs-Sanitäts-Ordnung, Berlin 1879. — Boehr, Kritik der Vorschriften der Kriegs-Sanitäts-Ordnung, Viertelj. f. ger. Med. N. F. 30. Heft 1. — Hiller, Deutsche militärärztl. Zeitschr. 1878. Heft 4. —

VII. Mikroskopische Trinkwasseruntersuchung.

Aufgabe der mikroskopischen Trinkwasseruntersuchung.

Die mikroskopische Analyse hat ähnlich wie die Mikroskopie der Luft und des Bodens je nach dem Gegenstand der Untersuchung sehr verschiedene Wege einzuschlagen. Entweder handelt es sich um Feststellung der momentan im Wasser vorhandenen Objecte, und dann ist eine rasche, meist einmalige Untersuchung indicirt; oder aber man prüft die Befähigung eines Wassers, zu irgend einer Zeit und unter gewissen günstigen Umständen hygienisch differente Objecte zu enthalten, und dann lässt man erst bestimmte Veränderungen in dem Wasser vorgehen, ehe man es mikroskopisch untersucht.

1) Feststellung der momentanen Befunde.

Im ersten Fall — bei der Feststellung des momentanen Befundes — kann es sich zunächst handeln um anorganische Bestandtheile, Krystallformen verschiedener Salze. Dabei interessirt vor allem die Form und die Färbung der fast stets zu beobachtenden Krystalle von kohlensaurem Kalk. Diese erscheinen in rein mineralischen Wässern scharf ausgeprägt und farblos; in Wässern mit organischen Massen sind sie dagegen von verworrener Structur, unvollkommen ausgebildet und mehr weniger gefärbt. — Eigentlich hygienisches Interesse haftet natürlich diesen Befunden nicht an; die Andeutung eines Gehalts an organischer Substanz wird durch eine Reihe chemischer Reactionen weit präciser geliefert. —

Anorganische Bestandtheile.

Zweitens findet man Reste organischer, animalischer oder vegetabilischer Herkunft, die mehr zufällige Befunde sind, und bald von den Holztheilen der Pumpe oder von groben Verunreinigungen des undichten Brunnenschachtes durch Cloakenzuflüsse, hineingefallene Gegenstände etc. herstammen. Je nach der Menge und Beschaffenheit derselben wird man eventuell die Aufforderung zu einer genaueren Untersuchung der Brunnenlocalität aus diesen Befunden entnehmen können.

Organische Reste.

Organisirte Gebilde.

Drittens bilden organisirte Gebilde den Gegenstand der Untersuchung. Von diesen sind (nach COHN) im wesentlichen 3 Gattungen zu unterscheiden:[1]

a) Diatomeen und grüne Algen (Conferven, Protococcus, Synedesmus etc.). Diese setzen ein an organischen Stoffen armes Wasser, sowie Zutritt des Lichtes voraus, dessen sie zur Zerlegung der CO_2 des Wassers bedürfen. In faulendem Wasser gehen diese Algen zu Grunde. Von ihnen ernähren sich gewisse grössere Arten der Infusorien (Nassula, Loxodes, Urostyla; ferner Daphnia, Cyclops, Cypris, die meisten Räderthiere, Borstenwürmer, Mückenlarven.

b) Wasserpilze und carnivore Infusorien, welche von organischen Ueberresten leben, die in fester Form im Wasser suspendirt sind, (gewisse Amoeben, Oxytricha Pelionella, Euplotes Charon, Anguillulae, Rotifer vulgaris, gewisse Tardigraden und Milben).

c) Infusoria flagellata, einige grössere bewimperte Infusorien und Schizomyceten, die gelöster organischer Stoffe bedürfen und ein stark verunreinigtes Grundwasser voraussetzen, (Monaden, Euglena, gewisse Amoeben, Vorticellen, Colpoda Cucullus, Paramecium putrinum, Leucophrys pyriformis, Glaucoma etc.).

Zur Unterscheidung der einzelnen Befunde gehört selbstverständlich eine genaue Kenntniss der vorkommenden Arten, die nur durch specielle zoologische und botanische Studien erworben werden kann; an dieser Stelle ist daher nur eine kurze Uebersicht der häufigsten Formen gegeben, welche durch einige Abbildungen auf Tafel I (Figg. 4—16) erläutert sind. Eine ausführlichere mit zahlreichen Abbildungen versehene Darstellung findet sich in EYFERTH's Naturgeschichte der mikroskopischen Süsswasserbewohner.[2]

Methode zur Untersuchung des momentanen Befundes.

Die Methoden zur Untersuchung der bisher genannten Objecte sind sehr einfach, sobald man die Schizomyceten vorläufig unbeachtet lässt. Von dem in sorgfältig gereinigten Flaschen aufbewahrten Wasser bringt man einzelne Wassertropfen mittelst eines gereinigten Glasstabes auf den Objectträger und untersucht 20—30 solcher Proben mit 400- bis 1000-facher Vergrösserung. Wenn das Wasser 2—6 Tage gestanden und einen Absatz oder auf der Oberfläche ein Häutchen gebildet hat, werden mittelst einer Pipette oder eines engen Glasröhrchens wiederum Proben aufs Objectglas gebracht und ebenso untersucht. Dass die genannten Gebilde von aussen in das Probeobject gelangen, ist bei ihrem seltenen Vorkommen ausserhalb des Wassers durchaus unwahrscheinlich. — In Fällen, wo es nur auf eine ganz allgemeine Orientirung über die Krystallformen und die wesentlichsten Algen und Infusorien eines Wassers ankommt, kann man sogar einer einfachen Glaszelle sich bedienen, die durch Absprengen

eines Ringes (von etwa 3 cm Höhe) von einer Glasröhre (circa 2 cm Durchmesser) und durch Aufkitten des unten abgeschliffenen Ringes auf ein Objectglas erhalten ist. Das Aufkitten kann mit Paraffin oder Asphaltlack geschehen. In die so erhaltene wasserdichte Zelle lässt man mittelst Pipette 1 cc Wasser einlaufen und lässt dasselbe an einem staubfreien Orte bei circa 40° verdunsten; der Rückstand wird mikroskopisch untersucht, nachdem der Glasring abgenommen, ein Tropfen verdünntes Glycerin zugesetzt und das Deckgläschen aufgelegt ist.[3]

Bedeutung der momentanen Untersuchung.

Ein tiefergehendes hygienisches Interesse haftet diesen mikroskopischen Beobachtungen in den meisten Fällen nicht an. Man kann zwar auch auf diese Weise constatiren, ob ein Wasser organische Substanz und Abfallstoffe enthält; aber die chemischen Methoden liefern denselben Nachweis rascher und einfacher, und ermöglichen eine weit genauere quantitative Abschätzung. Dabei muss nochmals hervorgehoben werden, dass die beschriebene Art der Untersuchung selbstverständlich die Schizomyceten völlig unberücksichtigt lässt; finden sich solche im Präparat, so ist es durchaus nicht zu entscheiden, ob sie dem Wasser eigenthümlich oder von aussen in das Präparat hineingelangt sind; man darf daher solche Befunde zu keinen Deutungen über die Beschaffenheit des Wassers benutzen.

Unter den Momentan-Befunden, denen eher eine directe hygienische Bedeutung zugesprochen werden kann, sind Eier und Embryonen von Entozoën zu nennen (Taf. I. Fig. 17—20). Doch gehören sie zu den vereinzelten, seltenen und zufälligen Objecten und pflegen so viel häufiger auf anderen Wegen eine Infection zu veranlassen, dass sie nur wenig auf das Urtheil über ein Wasser influiren können.

Crenothrix polyspora.

Ausserdem hat in letzter Zeit eine Algenart, die an sich hygienisch indifferent ist, durch ihre ausserordentlich starke Entwicklung im Wasser einzelner Wasserleitungen und Brunnen Aufsehen gemacht; ihre Fäden durchsetzen manches im übrigen sehr gute und reine Wasser in solchem Maasse, dass Trübungen desselben entstehen, und namentlich die abgestorbenen Reste der Alge bedingen einen solchen Grad von Verunreinigung, dass das Wasser nicht mehr zum Trinken geeignet erscheint. Diese Alge ist der von Cohn zuerst beschriebene Brunnenfaden, Crenothrix polyspora. Derselbe besteht aus dünnen, langen farblosen Algenfäden, die aus einer einfachen Reihe gleichartiger Zellen zusammengesetzt und in eine starre Scheide eingeschlossen sind; letztere ist anfangs farblos, wird aber später gelb oder braun durch Eisenoxydhydrat, welches sich durch die Vegetationsthätigkeit der Zellen in der Membran der Scheiden ablagert. Die Dicke der Fäden schwankt zwischen 2 und 5 Mikromillimetern; am Anheftungspunkt am dünnsten, verdicken sie sich allmählich gegen die Spitze hin. Die Fortpflanzung erfolgt gewöhnlich durch Makro- oder Mikrogonidien-Bildung. — Die Crenothrixflocken erscheinen schon dem blossen Auge bräunlich gefärbt, nicht nur wegen des Eisengehalts der Scheiden, sondern weil ausserdem eine eigenthümliche, das Licht stark brechende, hell- oder dunkelgoldgelbe, eisenhaltige ölartige Substanz die Fäden auf weite Strecken mehr gleichmässig oder aber in knotigen Anschwellungen einhüllt. (S. Fig. 5 auf Tafel I.)[4]

Schwierigkeiten für den Nachweis der Schizomyceten durch momentane Untersuchung.

Sobald es sich um die Aufsuchung von Schizomyceten im Wasser handelt, müssen durchaus andere Methoden Platz greifen. Wollte man nach BISCHOF's Vorschlag das vorher durch Filtrirpapier filtrirte Wasser in einer mit Seidenpapier bedeckten Glaszelle eintrocknen lassen, so würden unvermeidlich aus dem Filtrirpapier, aus der Luft, mit dem Seidenpapier etc. Keime in das Wasser gelangen, die demselben ursprünglich nicht angehören, die sich möglicherweise im Wasser lebhaft vermehren und schliesslich einen wesentlichen Theil des Gesichtsfeldes ausfüllen. Ebensowenig genügt es, das Wasser in gereinigtem Gefäss aufzufangen, und von da so bald als möglich die einzelnen zur Untersuchung dienenden Tropfen auf den Objectträger zu bringen; jeder der berührten Gegenstände kann Keime enthalten, ebenso können dieselben der umgebenden Luft entstammen und es ist völlig unmöglich, dass auch nur die geringste Garantie für eine Identität der gefundenen Schizomyceten mit den im Wasser vorhanden gewesenen besteht. Die Apparate mit denen das Wasser entnommen wird, müssen vielmehr so construirt sein, dass auf dem Wege bis zur mikroskopischen Beobachtung jede Gelegenheit zu einer Infection mit fremden Keimen ausgeschlossen ist.

2) Untersuchung der vorher durch Cultur vermehrten Organismen.

Es ist nun aber überhaupt ein schwieriges Unternehmen, eine — wenn auch ohne störende Beimengungen auf das Objectglas gebrachte — Wasserprobe direct auf die momentane Anwesenheit von Bacterien zu untersuchen. Dieselben sind in den meisten Fällen sehr spärlich vorhanden und man würde eine grosse Anzahl von Präparaten durchmustern müssen, um Zahl und Arten der Bacterien mit einiger Sicherheit beurtheilen zu können. Es ist daher zweckmässiger, die im Wasser vorhandenen Keime erst weiter zur Entwicklung kommen zu lassen, ihre Vermehrung möglichst zu begünstigen und dann auf dem Höhepunkt der Entwicklung die mikroskopische Untersuchung vorzunehmen. — Zu dem Zwecke kann man zunächst das Wasser nur sich selber überlassen, und darauf rechnen, dass die vorhandenen Keime sich der im Wasser enthaltenen organischen Substanz als Nährmaterial bedienen. Aber in manchen Fällen würde man dadurch kein richtiges Urtheil über die hygienische Beschaffenheit des Wassers erhalten. Es ist denkbar, dass ein Wasser durchaus die Bedingungen in sich trägt, um Keime zu reichlichster Entwicklung zu bringen, dass aber nicht solche Keime gerade zugegen sind, die in den vorhandenen Substanzen einen günstigen Nährboden finden; man wird alsdann nur eine beschränkte Keimentwicklung beobachten, während doch in demselben Wasser zu anderen Zeiten vielleicht gerade hygienisch differente Organismen den günstigsten Boden finden. Bei anderen Versuchen zeigt sich vielleicht wiederum keine besonders hochgradige Entwicklung von Organismen; dieselbe ist

a) Cultur ohne weiteren Zusatz.

Fehlerquellen.

aber diesmal begründet in ungeeignetem oder zu geringfügigem Nährmaterial oder in sonstigen äusseren Bedingungen des Experiments; darum kann aber ein solches Wasser in genau derselben Weise oder stärker inficirend wirken, wie ein anderes das beim Culturversuch reichlichste Entwicklung von grösstentheils indifferenten Organismen zeigt.

Es wird daher nöthig sein, den Culturversuch mit sich selbst überlassenem Wasser nach 2 Seiten hin zu ergänzen: einmal wird man eine Wasserprobe mit möglichst günstiger Nährlösung versetzen und die nun eintretende Vermehrung der im Wasser vorhandenen Organismen beobachten müssen; zweitens wird man versuchen müssen, die Nährsubstanz des Wassers dadurch annähernd zu messen, dass man absichtlich Organismen verschiedener Art hineingelangen lässt, die sich dort, je nachdem ihnen der Nährboden zusagt, entwickeln werden. Stellt man diese Versuche unter möglichst gleichen Bedingungen, mit gleichen Mengen derselben Nährlösungen, gleichen Temperaturen etc. an, so wird es vielleicht sogar möglich sein, bei verschiedenen Trinkwässern annähernde vergleichende Bestimmungen auszuführen.

b) Cultur mit Zusatz von Nährlösung.

c) Cultur unter Zulassung fremder Organismen.

Dieselben Apparate, welche zur Cultur der Organismen in der ohne weiteren Zusatz gelassenen Wasserprobe erforderlich sind, können mit geringer Modification auch für die Züchtungsversuche mit Nährlösung verwandt werden, da im letzteren Falle die aufnehmenden Gefässe nur noch eine gewisse Menge sterilisirter Nährlösung enthalten müssen; die Beschreibung beider Experimente fällt daher zusammen. — Leider sind bisher nur wenig oder gar keine Methoden bekannt, die wirklich einwandfrei und nicht gar zu complicirt erscheinen; überhaupt sind erst äusserst wenige exact angestellte Versuchsreihen auf dem wichtigen Gebiet der mikroskopischen Wasseranalyse zu verzeichnen.

Von früheren Vorrichtungen zur Cultur der Wasser-Organismen sei Heisch's Methode[5] erwähnt, die in England noch immer verbreitet zu sein scheint. Sie besteht einfach darin, dass dem Wasser, das sich in einer völlig gefüllten Flasche befindet, eine kleine Menge reinsten Zuckers (10 grains auf 5 Unzen) zugesetzt wird; ist die Flasche während 24 Stunden bei einer Temperatur von etwa 22° dem Tageslicht ausgesetzt gewesen, so zeigen sich Flocken, die als Gruppen von Zellen erkannt werden können. — Die Methode sucht also einfach Sprosspilze oder Spaltpilze zur Entwicklung zu bringen, deren Keime natürlich ebensowenig lediglich dem Wasser angehört haben, wie das erforderliche Nährmaterial; das Resultat ist daher völlig dem Zufall anheimgegeben. — Frankland zeigte, dass ausser Zucker und Keimen stets noch Spuren von Phosphaten zugegen sein müssen, um den Versuch gelingen zu lassen. —

Frühere Methoden; von Heisch;

Mit weit grösseren Vorsichtsmaassregeln ist das Verfahren Himly's[6] verbunden. Ein Kolben wird zunächst mit concentrirter Schwefelsäure und dann mehrfach mit dem zu untersuchenden Wasser ausgespült. Ferner wird ein Kautschuckstopfen in absoluten Alkohol gelegt und eine Nährlösung dadurch bereitet, dass eine kleine

von Himly.

20*

Menge Fleischextract in einer Portion des zu untersuchenden Wassers aufgelöst und durch Kochen sterilisirt wird. Bei der Ausführung füllt man den Kolben bis zu ³/₄ seines Inhalts mit dem Wasser, mischt eine kleine Menge Fleischextract hinzu, setzt den Stopfen dicht auf und hält die ganze Vorrichtung dauernd bei circa 40⁰. Schon nach wenigen Stunden besteht meist intensive Trübung durch Bacterien.

Auch bei diesem Verfahren können jedoch fremde Keime aus der umgebenden Luft eindringen; man wird daher nur dann die vorgeschlagenen Maassregeln als ausreichend ansehen können, wenn Controlversuche mit vorher sterilisirtem Wasser ausnahmlos mit negativem Resultat verlaufen. —

Anwendung von Kolben mit mehrfach gekrümmtem Capillarrohr.

Bessere Garantieen scheint es zu bieten, wenn man das nachträgliche Mischen der Nährlösung und der Wasserprobe vermeidet, indem man einen kleinen Kolben, der zu einer feinen und am Ende mit mehrfachen scharfen Biegungen versehenen Capillarröhre ausgezogen ist, und den man vor dem Ausziehen mit einer kleinen Portion Wasser beschickt hat, stark erhitzt; während die Dämpfe heftig entweichen, schmilzt man an der Spitze zu; oder aber, wenn man mit Nährlösung operiren will, lässt man zunächst abkühlen, und eine bestimmte Menge Nährlösung einsteigen, kocht wieder, und schmilzt darauf zu. Nach dem Erkalten taucht man den Apparat in das zu untersuchende Wasser ein; kann man dessen Oberfläche erreichen, so ist dies ohne Schwierigkeit ausführbar; muss das Wasser durch Pumpen heraufbefördert werden, so muss man versuchen, die Spitze des Apparats möglichst in die Mitte des austretenden, vollen Wasserstrahls zu bringen. Doch ist man in diesem Falle weit leichter der Gefahr eines gleichzeitigen Eindringens äusserer Luft ausgesetzt. Unter Wasser wird dann die Spitze des Apparates abgebrochen; da im Kolben eine erhebliche Druckverminderung besteht, wird sofort Wasser hineinsteigen; man entfernt dann den Apparat, der womöglich nicht mehr als zur Hälfte gefüllt sein soll, und schmilzt ihn an einer Stelle zu, die zwischen Kolben und einer der scharfen, den Eintritt von Keimen verhindernden Krümmungen der Capillare gelegen ist.

Zahlreiche Controlversuche haben auch hier die Zuverlässigkeit der Methode zu erweisen; dieselben bietet im übrigen keine Schwierigkeiten, da die Herstellung und Behandlung der Apparate rasch erlernt werden kann. — Eine erheblich complicirtere Vorrichtung zur bakterioskopischen Prüfung speciell von gepumptem oder aus Wasserleitungen entnommenem Trinkwasser hat THOMÉ[7] angegeben.

Thomé's Vorrichtung.

Kolben, die zu einer geraden, langen Capillare ausgezogen sind, werden wie oben mit oder ohne Nährlösung präparirt. Die Füllung mit Brunnenwasser geschieht dann durch Vermittlung zweier Flaschen; die kleinere (*A*) ist rund, und hat drei Oeffnungen; in der ersten steckt ein 8—10 cm langes Platinrohr, das vorn durch einen Asbestpfropfen ausgefüllt ist; am Uebergang zur Flasche ist ein drehbarer Glashahn mit weiter Bohrung angebracht; die zweite nach unten gehende Oeffnung steht durch Kautschuckschlauch mit der anderen Flasche (*B*) in Verbindung; in der

dritten oberen Oeffnung steckt ein mit festgestopfter Baumwolle gefülltes Glasrohr. Die viel grössere Flasche *B* trägt nach Art der WOULF'schen Flaschen drei Tubulaturen; durch die eine steckt ein Glasrohr, das einerseits fast bis zum Boden reicht, andererseits den Kautschuckschlauch trägt, der zur Flasche *A* führt. Die zweite Tubulatur trägt ebenfalls ein mit Baumwolle gefülltes Rohr; die dritte wird mit dem Pumpenrohr in Verbindung gebracht; sie trägt einen gläsernen Ansatz, der durch einen Zweiweghahn durchbohrt ist und nach oben in einen starken Kautschuckschlauch übergeht; vor dessen oberem Ende ragt ein luftdicht eingebundener Trichter in das Lumen des Schlauches. Wenn der Kautschuckschlauch an der Pumpenöffnung befestigt ist, hat man noch die Luft des Schlauches von Keimen zu befreien; und dies geschieht dann, indem man in den erwähnten Trichter absoluten Alkohol eingiesst, während der Zweiweghahn so gestellt wird, dass der Alkohol nach aussen, und nicht in die Flasche abfliesst. — Ehe man aber den Apparat verwendet, wird er mit Wasser gefüllt und gekocht; nur die Baumwollrohre werden vorher abgenommen, mit absolutem Alkohol desinficirt und dann auf den aus dem Kochtopf herausgenommenen aber noch mit siedendem Wasser gefüllten Apparat aufgesetzt. Das die Flaschen füllende Kochwasser wird sodann grösstentheils entfernt durch Einblasen in das mit Baumwolle gefüllte Rohr der WOULF'schen Flasche. Nun kann man den Kautschuckschlauch an dem Pumpenrohr befestigen, in der angegebenen Weise desinficiren und dann das zu untersuchende Wasser in die WOULF'sche Flasche einlaufen lassen (wobei die Luft derselben durch das Baumwollrohr entweicht), bis dieselbe ganz gefüllt ist.

Um nun von diesem Wasser etwas in den Kolben mit Nährlösung zu bekommen, steckt man die Capillare des letzteren in den Asbestpropfen der Platinröhre. Sodann glüht man die letztere, vom Hahne anfangend, kräftig aus, stösst darauf die Capillare bis durch die Bohrung des Hahns hindurch und zermalmt die Spitze, indem man den Hahn dreht. Die nunmehr geöffnete Capillarröhre bringt man dann durch passende Neigung der Flasche *A* bis in das zu untersuchende Wasser, das man zu diesem Zwecke aus der WOULF'schen Flasche durch Blasen an dem mit Baumwolle gefüllten Rohre herüberdrückt. Den gefüllten Kolben zieht man so heraus, dass die Röhre nach abwärts geneigt und mit Flüssigkeit gefüllt bleibt, so dass ein Eindringen von Organismen unmöglich ist; man schmilzt dieselbe schliesslich in einer Entfernung von 3—4 cm von der Spitze zu. — Man kann dann sofort noch weitere vorher präparirte Kolben mit der Wasserprobe füllen. Verschiedene bei der Anwendung nöthige Cautelen ergeben sich unmittelbar beim Gebrauch. — Die präparirten Kolben lässt man verschieden lange Zeit hindurch stehen und kann wiederholt den Inhalt der mikroskopischen Untersuchung unterwerfen; man bricht jedesmal die Spitze ab, entleert einen Tropfen auf den Objectträger und schmilzt von neuem zu. — Ein Einwand ist sehr schwierig zu beseitigen: nämlich dass im Brunnenschacht und im Pumpenrohr etc. die Oberfläche des Wassers stets schon mit Keimen in Berührung kommt, die weniger für das Wasser selbst, als vielmehr für die umgebende Luft charakteristisch sind. —

Ausführung des Versuchs.

Weitere Vervollkommnungen der Methode sind hoffentlich von den Forschungen der nächsten Zeit zu erwarten. — Nach dem, was bei der mikroskopischen Untersuchung der Luft und des Bodens gesagt wurde, ist es unerlässlich zum Zweck der Differenzirung der Organismen Nährlösungen und sonstige Bedingungen der Cultur mannigfaltig zu variiren. Auf diesem Wege kann man das Material erhalten, welches namentlich

Differenzirung und Prüfung der gezüchteten Organismen.

auch zu physiologischen Experimenten tauglich ist, aus denen erst die Wirkungsweise der zur Entwicklung gebrachten Organismen hervorgehen muss. Es bleibt dies der einzige Weg zur Entscheidung über die hygienische Bedeutung der erhaltenen Resultate, so lange die Kenntniss der morphologischen Merkmale zu einer Differenzirung nicht ausreicht und so lange die directe mikroskopische Beobachtung selten mehr liefern kann, als höchstens die oben besprochenen ganz allgemeinen und nur das weitere Studium einleitenden Gesichtspunkte, die z. B. aus einer Zählung der vorhandenen Organismen hervorgehen.

Methode von Harz zur Bestimmung der assimilirbaren Substanz im Wasser.

Weit leichter ist die Prüfung auf die Fähigkeit eines Wassers, als Nährlösung zu dienen. Als derartige Experimente sind die früheren Versuche aufzufassen, bei welchen man eine Wasserprobe ohne genügende Schutzmaassregeln gegen das Eindringen fremder Keime höherer Temperatur aussetzte. In neuerer Zeit verfolgt namentlich die von Harz[8] angegebene Methode der Wasseruntersuchung den Zweck, die assimilirbaren Nährstoffe des Wassers zu bestimmen. Einige mit concentrirten Säuren, dann mit dem zu untersuchenden Wasser gereinigte Flaschen werden mit der Wasserprobe bis zu $^1/_3$ oder $^1/_4$ ihres Inhalts gefüllt, verkorkt und an einem Orte aufgestellt, wo sie nicht dem directen Sonnenlichte ausgesetzt sind. Nach 8 Tagen bis 6 Wochen zeigen sich zuerst auf dem Boden, dann an den Seitenwandungen der Flasche gewöhnlich Inseln von Pilzvegetationen, die sich allmählich vermehren. Zu verschiedenen Zeiten öffnet man je eine Flasche, nimmt Flocken heraus und untersucht sie mikroskopisch; die einmal geöffnete Flasche soll nicht weiter zu einer Fortsetzung des Versuchs benutzt werden. Ist die Vegetation auf dem Höhepunkt, so sammelt man die Flocken mittelst einer Pipette in einem graduirten Glascylinder und schätzt darin annähernd ihre Menge.

Fehlerquellen der Methode.

Offenbar werden bei diesem Versuche fremde Keime ins Wasser gelangen können, z. B. aus der Luft, die den grösseren Theil der Probeflaschen füllt; andererseits enthält die Luft spärliche Keime und es kann durch Zufall in der mit dem Wasser in Berührung kommenden Luft völlig an Organismen fehlen, die eine sichtbare Veränderung im Wasser hervorzurufen im Stande sind. In dem Falle hängt das Resultat des Versuchs dann von dem im Wasser selbst enthaltenen Organismen ab; an diesen scheint es — nach den bisherigen Erfahrungen — freilich niemals völlig zu fehlen, wohl aber ist es fraglich, ob immer solche Keime vorhanden sind, denen der Gehalt des untersuchten Wassers an organischen respective mineralischen Stoffen und die sonstigen Culturbedingungen zusagen. Es erscheint daher richtiger, den Versuch in der Weise anzustellen, dass absichtlich rein gezüchtete Organismen in das Probewasser

übertragen werden und dass man dann unter Variirung der sonstigen Bedingungen ihr Gedeihen abwartet. —

Alle diese Fragen, die im 5. Abschnitt im Zusammenhang besprochen werden, bedürfen noch eingehender Bearbeitung und Klärung. Vor der Hand kann es sich nur um forschende Experimente handeln, nicht aber ist man bereits im Stande, Reihen vergleichbarer analytischer Resultate zu liefern, durch die ein bestimmtes Urtheil über den Gehalt der Trinkwässer an Organismen und an assimilirbarer Substanz ermöglicht wird.

Leistungsfähigkeit der bisherigen mikroskopischen Analyse.

Literatur. 1) Cohn, Beiträge zur Biologie der Pflanzen, 1. 112. — Hirt, Z. f. Biologie, 15, 91. — 2) Eyferth, Die einfachsten Lebensformen, systemat. Naturgesch. der mikroskop. Süsswasserbewohner. Braunschweig 1878. — Nägeli, Gattungen einzelliger Algen, 1849. — Oerstedt, System der Pilze, Lichenen und Algen. Deutsch von Grisebach u. Reinke, 1873. — Leunis, Synopsis der Pflanzenkunde, 2. Aufl., 3. Abth. Kryptogamen, bearb. von Frank, 1877. — Bischof, Zeitschr. f. anal. Ch. 10. 441. — 4) Cohn l. c. — 5) Fox, Sanitary examinations, p. 21. — Frankland, Journ. chem. soc. 9. 66. — 6) Himly, ref. in Zeitschr. f. anal. Ch. 18. 117. — 7) Thomé, Z. f. Biologie 3, 258. — 8) Harz, Zeitschr. f. Biol. 12. 75. — Zeitschr. d. allg. öst. Apotheker-Ver. 14. 353. — Z. f. anal. Ch. 16. 359. —

VIII. Hygienische Bedeutung der chemischen und mikroskopischen Trinkwasseranalyse.

Am Eingang dieses Capitels wurden als Ziele der modernen hygienischen Trinkwasseranalyse folgende bezeichnet: 1) die Auffindung von Krankheitskeimen; 2) die quantitative Bestimmung derjenigen organischen Substanzen, welche zur Entwicklung fermentativer Vorgänge dienen können; 3) die Bestimmung der charakteristischen Producte fermentativer Processe; 4) die Bestimmung anorganischer Stoffe, welche als Repräsentanten solcher fäulnissfähiger Materien angesehen werden können, die auf das zu untersuchende Wasser eingewirkt haben.

Untersuchung der hygienischen Bedeutung der Trinkwasseranalyse.

Es wurde bereits auseinandergesetzt, dass die Ueberzeugung, die hygienische Beschaffenheit eines Wassers nach dem Ergebniss dieser Analysen beurtheilen zu können, auf der Annahme gewisser Hypothesen beruhe. Die Richtigkeit dieser Hypothesen soll weiter unten geprüft werden; hier sei zunächst die Voraussetzung gemacht, dass die Hypothesen durchaus begründet seien und es sei einfach die Frage gestellt: ob denn

1) Werden die Ziele der modernen Trinkwasseranalyse mittelst der üblichen Methoden erreicht?

eines jener der Trinkwasseranalyse gesteckten Ziele durch die im Vorstehenden beschriebenen Methoden erreicht wird?

Die Antwort ist grossentheils schon in der specielleren Darstellung der Methoden enthalten; sie lautet durchweg verneinend.

Weder Krankheitskeime können nachgewiesen werden.

Der Nachweis der Krankheitskeime könnte höchstens gelingen durch die mikroskopische Analyse; dieselbe ist vorläufig so wenig ausgebildet und hat so durchaus den Charakter erster, tastender Experimente, dass an eine Beurtheilung eines Wassers auf Grund der Auffindung specifischer Krankheitskeime nicht zu denken ist. — Auch die Bestimmung beliebiger nicht weiter nach ihren Functionen unterschiedenen Mikroorganismen, aus deren Anwesenheit und Menge man vielleicht geneigt sein könnte, Analogie-Schlüsse auf specifische Fermente zu ziehen, gelingt noch nicht in einer Weise, die eine Vergleichbarkeit der Resultate gestattet.

Noch können organische, als Grundlage für fermentative Processe geeignete Substanzen quantitativ bestimmt werden;

Eine quantitative Ermittlung der als Grundlage für fermentative Processe geeigneten organischen Substanzen ist durch die chemische Analyse, wie oben ausführlich gezeigt wurde, nicht in befriedigender Weise möglich. — Ob eventuell durch Culturversuche ein besseres Resultat erreichbar ist, muss dahingestellt bleiben; vorläufig existirt keine brauchbare Methode zur quantitativen vergleichbaren Analyse der assimilirbaren organischen Substanz.

ebensowenig Producte der Gährung und Fäulniss;

Charakteristische, nur aus fermentativen Processen stammende und diese quantitativ anzeigende Producte der Gährung oder Fäulniss sind im Wasser nicht bekannt; die bisher in diesem Sinne analysirten Substanzen genügen durchaus nicht zur Erreichung des beabsichtigten Zweckes.

nur bedingungsweise kann die Kochsalzbestimmung über die Verunreinigung mit fäulnissfähigen Stoffen Aufschluss geben.

Zu einem Repräsentanten der fäulnissfähigen Stoffe eignet sich allein das Kochsalz; dieses aber auch nur unter ganz bestimmten Bedingungen; wenn nämlich Boden- und Grundwasserverhältnisse die gleichen sind und wenn auch kein erheblicher Unterschied in Bezug auf die zeitlich einwirkenden Factoren, die atmosphärischen Niederschläge, die Brunnenbenutzung etc. besteht. —

Demnach ist die Trinkwasseranalyse vorläufig nicht im Stande das zu leisten, was sie nothwendig leisten müsste, um ein Urtheil über die relative Beziehung eines Wassers zu fermentativen Processen, zu Abfall- und Fäulnissstoffen zu gestatten. Alle die Substanzen, deren Menge angeblich ausschlaggebend für das Urtheil sein soll, können nicht in solcher Weise bestimmt werden, dass sich unzweideutige, vergleichbare, quantitative Resultate ergeben. Der Analytiker, welcher Trinkwässer begutachten soll, ist daher schon wegen dieser geringen Leistungsfähigkeit der

Folglich sind genaue quantitative Abschätzungen unmöglich.

Methoden in den seltensten Fällen im Stande, auf Grund einer noch so genauen chemischen und mikroskopischen Untersuchung das eine Wasser für mehr, das andere für weniger hygienisch nachtheilig zu erklären.

Früher hat man den Versuch gemacht, ein Urtheil über die Beschaffenheit eines Wassers nach einer einzigen Untersuchung zu ermöglichen, dadurch dass man sogenannte Grenzwerthe und damit einen constanten Maassstab aufstellte, nach dem jedes untersuchte Wasser abgeschätzt werden sollte. Ein gutes, ohne Nachtheil brauchbares Trinkwasser sollte höchstens enthalten: im Liter so viel organische Stoffe, als 8 mgr Chamäleon zersetzen; ferner 27 mgr Salpetersäure, 35 mgr Chlor, 80 mgr Schwefelsäure, 16° Härte.

Namentlich ist die Aufstellung von Grenzwerthen unzulässig,

Es ist nach den oben gegebenen Auseinandersetzungen verständlich, dass für organische Stoffe, Salpetersäure etc. solche Grenzzahlen durchaus keinen Werth haben können, da die analytischen Resultate bei jedem Wasser eine ganz verschiedene Deutung erfahren müssen. — Nur für den Kochsalzgehalt lässt sich eher ein solcher einheitlicher Maassstab zu Grunde legen, aber jedenfalls nur unter Berücksichtigung der wichtigeren auf den Kochsalzgehalt influirenden äusseren Bedingungen; für jedes begrenzte Terrain ist derjenige Kochsalzgehalt zu ermitteln, den das Grundwasser in nicht bebautem und bewohnten Terrain zeigt, und dieser ist sodann als Maassstab für die Vergleichung mit anderen Wässern desselben Terrains zulässig.

ausgenommen für Kochsalz; für dieses aber nur in engen Grenzen.

Nur aus hervorstechenden Befunden und sehr grossen Differenzen des Gehalts an organischen Stoffen, an Salpetersäure etc. oder aus geringfügigeren aber immerhin deutlichen und unter vergleichbaren Verhältnissen erhaltenen Differenzen des Kochsalzgehalts kann der Chemiker die Ueberzeugung gewinnen, dass das eine Wasser mehr leicht zersetzliche assimilirbare organische Stoffe enthält, als das andere; dass es mit ausgedehnteren fermentativen Processen in Berührung gekommen ist, oder dass eine grössere Menge Abfallstoffe am Ort des Wasserursprungs in Boden und Wasser übergetreten sind. —

Nur grobe Differenzen können daher erkannt werden.

Es fragt sich nun weiter, welche Bedeutung kommt denn diesen Befunden zu? Geben sie wirklich Anhaltspunkte zur Beurtheilung der Gesundheitsgefährlichkeit des Wassers? Und würden sie solche geben, wenn eine genauere quantitative Bestimmung derjenigen Bestandtheile gelänge, auf welche die Analysen abzielen?

2) Falls die Analysen die angestrebten Ziele erreichten, würde damit die hygienische Bedeutung eines Wassers erkannt werden können?

Was zunächst die Erforschung der Krankheitskeime anlangt, so würde deren Nachweis selbstverständlich von der allergrössten Bedeutung sein; und es ist möglich, dass demnächst, bei näherer Kenntniss der morphologischen und biologischen Eigenschaften specifischer Mikroorganismen, ein solcher Nachweis durch einfache mikroskopische Untersuchung oder durch mit Experimenten verbundene Culturversuche gelingt; aber andererseits kann nicht scharf genug betont werden, dass genaueste Differenzirung der Befunde bei diesen Untersuchungen unerlässlich ist, und dass

Nicht beliebige Organismen, sondern die bisher nicht erkennbaren Krankheitskeime haben hygienische Bedeutung.

keineswegs der Nachweis von beliebigen Mikroorganismen irgend eine Gesundheitsschädlichkeit involvirt. Ueberall in unserer Umgebung, in der Luft, in den verschiedensten Nahrungsmitteln und Gebrauchsgegenständen finden sich weit zahlreichere Organismen, als uns im Wasser zugeführt zu werden pflegen; andererseits kommt nach den bisherigen Erfahrungen ein völliges Freisein von Organismen keinem selbst noch so reinem Trinkwasser zu.

Die organischen zersetzlichen Substanzen können nicht putride Infection hervorbringen.

Mit besonderer Vorliebe sind die organischen zersetzlichen Substanzen des Trinkwassers als das eigentlich Gesundheitsgefährliche angesprochen. Die Wirkung derselben kann man entweder als eine mehr directe ansehen; man kann annehmen, dass diese Substanzen, Faulstoffen ähnlich, die Wirkung des putriden Giftes äussern. — Man weiss jedoch, dass eine derartige Wirkung nur bei bestimmter, starker Concentration des Giftes und sehr schwer bei der Einwirkung vom Darmcanal aus eintritt. Emmerich hat durch Versuche constatirt, dass eine putride Infection durch Wasser gar nicht zu erzielen ist, dass vielmehr mit putriden Stoffen in reichlichster Menge beladenes Wasser vom Menschen in grossen Mengen, dauernd und unter besonders ungünstigen Nebenumständen genossen, keine schädliche Wirkung irgend welcher Art hervorruft. Ausserdem handelt es sich bei den durch das Trinkwasser angeblich verursachten Krankheiten gar nicht um die Erscheinungen der putriden Infection, sondern um Krankheiten von völlig anderem Charakter. —

Ebensowenig sind sie nothwendige Grundlage für Fermententwicklung.

Häufiger ist die Bedeutung der faulenden organischen Substanzen so aufgefasst, dass man dieselben als nothwendig erachtet hat für das Zustandekommen einer Fermententwicklung und dass man das Maass der letzteren und damit den Grad der Infectionsmöglichkeit abhängig gedacht hat von der vorhandenen Menge zersetzlicher organischer Materie. Diesem Gedankengange liegt nur in so weit eine richtige Thatsache zu Grunde, als allerdings eine lebhafte Entwicklung von Mikroorganismen gewisse Stoffe organischer Natur im Wasser voraussetzt. Falsch ist aber, dass es gerade faulende organische Materie sein muss, die als Nährmaterial geboten wird; und unrichtig ist die Annahme, dass die vorhandenen Faulstoffe, der organische Stickstoff, der Sauerstoffconsum etc. einen Maassstab für die Infectionsfähigkeit eines Wassers abgiebt. Vielmehr genügen verschwindende, kaum durch die Analyse nachweisbare Spuren von organischer Substanz, um das Leben einer Menge von Spaltpilzen zu unterhalten, die zur Erregung intensiver Zersetzungsvorgänge ausreichen; manche Nährlösungen, die als günstigster Boden für gewisse Culturen ausgewählt werden, sind durchaus nicht als Lösungen faulender Stoffe anzusprechen; vielmehr steht es fest, dass faulende Flüssigkeiten vorzugsweise eine beschränkte, mit den gesuchten Krankheitskeimen nicht iden-

tische Pilzgattung zur üppigen Entwicklung kommen lassen, welche aber das Fortkommen andererzu Arten gerade hindert oder unmöglich macht. — Und selbst zu einer erfolgreichen fauligen Infection genügen schon vollauf die wenigen Keime, die in einem Wasser mit kaum nachweisbaren Spuren organischer Substanz enthalten sind. Es ist hier nur an die Versuche Hiller's zu erinnern, in welchen eine faulige Infection von Eiern ebensowohl durch destillirtes Wasser und durch relativ reines Leitungswasser, wie durch stark verunreinigtes Brunnenwasser bewirkt werden konnte, in denen die Fäulniss dagegen bei allen 3 Sorten ausblieb, sobald die Wässer durch Kochen sterilisirt waren. Aehnliche Versuche mit demselben Ergebniss sind leicht auszuführen, und zeigen, dass der Gehalt eines Wassers an organischer oder faulender Materie auch in diese Beziehung durchaus nicht die wichtige Rolle spielt, die demselben zugeschrieben wird.

Ammoniak, Salpetersäure etc. können nicht als Producte hygienisch differenter fermentativer Processe angesehen werden.

Was die Producte fermentativer Processe, wie Ammoniak, Salpetersäure etc. anlangt, so gilt von ihnen ungefähr dasselbe, was über den Nachweis von Mikroorganismen überhaupt gesagt wurde. So wenig wie jeder Keim als specifisches Krankheitsferment anzusprechen ist, so wenig lässt sich aus den genannten Stoffen schliessen, das fermentative Vorgänge von gesundheitsschädlichem Charakter sich abgespielt haben. Die verschiedenartigsten, unter gar keinem einheitlichen Gesichtspunkt zusammenzufassenden Umsetzungen können zu jenen Endproducten führen; und der Werth der letzteren für die Beurtheilung eines Wassers ist um so geringer, als es sich ja stets um abgelaufene Processe handelt, deren Ort und Zeit unbekannt sind, und von denen nur schliesslich einige an sich indifferente Symptome Zeugniss ablegen.

Die Verunreinigung durch Abfallstoffe disponirt ein Wasser nicht zur Verbreitung von Infectionskrankheiten.

Am meisten ist endlich die Bestimmung der vierten Gruppe von Trinkwasserbestandtheilen, der charakteristischen Symptome einer lokalen Verunreinigung durch Abfallstoffe, als diejenige betont, welche am sichersten Aufschluss über die Gesundheitsgefährlichkeit eines Wassers zu geben vermag. Es liegt dieser Meinung die weit verbreitete Hypothese zu Grunde, dass Wasser, welches einer mit Abfallstoffen des menschlichen Haushalts verunreinigten Lokalität entstamme, nach den vorliegenden Erfahrungen besonders disponirt sei zur Verbreitung gewisser Infectionskrankheiten. Diese Hypothese ist aber in ihrer Allgemeinheit durchaus nicht bewiesen und grossentheils entschieden unrichtig. Die Literatur weist eine Menge von Fällen nach, in denen Wasser, welches die Analyse als relativ oder völlig frei von den Symptomen der Verunreinigung anerkennen musste, der infectiösen Wirkung beschuldigt wurde. Ermittelt man ferner für die Brunnen einer im übrigen möglichst vergleichbaren Gegend die Zahlen für den Kochsalzgehalt — als den besten Repräsentanten der Abfallstoffe — und stellt diesen die Zahlen der Todesfälle an einer dort herrschenden Infectionskrankheit, z. B.

an Typhus, gegenüber, so zeigt sich, dass durchaus keine Proportionalität zwischen der letzteren Ziffer und der Brunnenverunreinigung hervortritt.

Fehler der früheren Beobachtungen.

— Die seltsame Verwirrung, mit der die Frage nach der Wirkung einer Verunreinigung des Bodens und Wassers mit Abfallstoffen bisher behandelt wurde, hat ihren Grund darin, dass man sich gewöhnlich verleiten liess, folgendermassen zu argumentiren: An vielen Orten, wo Typhen vorkommen, weist die Analyse ein stark verunreinigtes Wasser nach, folglich ist Wasserverunreinigung der Typhusverbreitung günstig. In der That liegt aber die Sache so, dass innerhalb bewohnter Stätten ganz ausserordentlich häufig stark verunreinigte Brunnen vorkommen; dass ferner auch Typhen eine grosse Verbreitung zeigen, und das folglich sehr häufig Typhen und verunreinigte Brunnen zusammenfallen müssen, ohne dass darum irgend ein Causalnexus zwischen beiden existirt.

Resultate der statistischen Vergleichung.

Der letztere würde vielmehr erwiesen sein, wenn die Beobachtungen ergeben hätten, dass da wo vorzugsweise verunreinigte Brunnen sind, auch regelmässig Typhus herrscht, oder doch häufiger als auf einem Terrain mit reinem Wasser; und umgekehrt, dass da wo Typhen grassiren, stets oder in viel häufigerem Verhältniss als in typhusfreier Gegend unreines Wasser gefunden wird. Beide Voraussetzungen treffen aber nicht zu, da der Vergleich grösserer Zahlenreihen zeigt, dass die grössere Typhusfrequenz eher mit reineren Brunnen zusammengeht und umgekehrt, und da zahlreichste Beobachtungen auf chemisch nicht verwerfliches Wasser als Infectionsquelle hinweisen.

Selbstverständlich wird durch diese Erörterungen die Frage, ob überhaupt Trinkwasser häufig zu einer Infectionsquelle wird, durchaus nicht berührt. Die Möglichkeit einer solchen Rolle des Trinkwassers mag von vornherein zugegeben werden; hier kam es nur darauf an zu zeigen, dass zur Infection nicht gerade ein Wasser mit besonders hohem Gehalt an Salpetersäure, Kochsalz etc. nöthig ist, und dass der Chemiker nicht im Stande ist, die infectiöse Eigenschaft eines Wassers zu erkennen und nachzuweisen. —

Folglich ist ein Urtheil über die hygienische Beschaffenheit eines Wassers auf Grund der Analyse nur sehr selten möglich.

Aus diesen Ueberlegungen geht hervor, dass selbst dann, wenn ein exacterer quantitativer Nachweis der verschiedenen durch die Analyse gesuchten, gesundheitsschädlichen Bestandtheile möglich wäre, der Nutzen für die Hygiene relativ gering sein würde, da keiner der positiven Befunde thatsächlich eine Gesundheitsschädlichkeit erweisen, und ebensowenig ein negatives Resultat Garantien für die Brauchbarkeit eines Wassers geben kann. — Am wenigsten zulässig ist das Abschätzen verschiedener Wässer nach den quantitativen Differenzen der analytischen Resultate. Das absolute Fehlen jeglicher organischer Substanz, salpetriger Säure, Salpetersäure etc. mag immerhin als ein günstiges Zeichen betrachtet und als

hinreichender Grund angesehen werden, um ein derartig beschaffenes Wasser unter allen Umständen andern Wässern vorzuziehen. Thatsächlich kommt aber dieser Fall höchst selten vor. In stark bewohnten Städten und namentlich so weit diese auf die Wasserentnahme aus dem Wohnboden angewiesen sind, hat man stets nur zu wählen zwischen mehr oder weniger stark verunreinigten Wässern; dann aber auf quantitative Differenzen hin das eine Wasser für gesund, das andere für geneigter zur Inficirung zu erklären, ist nach dem Stande unserer heutigen hygienischen Kenntnisse durchaus unmöglich. —

Nach diesen Ergebnissen einer kritischen Erörterung der Bedeutung der Trinkwasseranalyse könnte es den Anschein haben, als ob eine genauere chemische und mikroskopische Untersuchung des Wassers im hygienischen Interesse eigentlich überflüssig wäre, und als ob für die vorstehend beschriebenen Methoden sich keine Verwendbarkeit bei hygienischen Arbeiten finden liesse. Das ist jedoch durchaus nicht der Fall.

Die bisherigen Analysen haben allerdings der Hygiene wenig oder keinen ersichtlichen Vortheil gebracht; wohl aber kann in Zukunft die Analyse von Nutzen werden, wenn die Art und Weise der Untersuchung eine andere wird.

Nothwendigkeit einer Aenderung der hygienischen Wasseranalyse.

1) zum Zweck wissenschaftlicher Forschung, unter Anziehung des pathologischen Experiments oder der Statistik.

Zwei verschiedene Gesichtspunkte lassen sich für solche Untersuchungen aufstellen. Entweder kann der Analytiker versuchen, die bis jetzt dunkelen hygienischen Beziehungen einzelner der Analyse zugänglicher Trinkwasserbestandtheile aufzuklären. Das ist jedoch nur möglich, wenn die Befunde angelehnt werden an die Ergebnisse der Statistik oder des pathologischen Experiments; ohne diese steht eine solche Untersuchung völlig in der Luft und ist gänzlich aussichtslos; jede Vermuthung über die Schädlichkeit irgend eines Bestandtheiles gewinnt erst Boden, wenn beobachtete oder experimentell hervorgerufene Krankheitsfälle den Beleg dazu geliefert haben. —

2) Wasseranalyse vom Standpunkt der praktischen Gesundheitspflege aus.

Zweitens kann dann neben diesen nur mühsam erreichbaren wissenschaftlichen Zielen dem Analytiker die Aufgabe erwachsen, sich nicht sowohl über die Gesundheitsgefährlichkeit, sondern über die allgemeine Beschaffenheit eines Wassers und der umgebenden Oertlichkeit, namentlich auch über die Verunreinigung der Localität mit Abfallstoffen durch die chemische Untersuchung zu orientiren; und dann nach deren Ergebniss zu bemessen, ob das betreffende Wasser als Trinkwasser brauchbar sei, d. h. ob es die Eigenschaften besitze, die dasselbe zu einem erfrischenden, gern genossenen Getränk machen und ob in der Anlage des Brunnens oder der Wasserleitung die Garantien für ein unverändertes Bestehen dieser Eigenschaften gegeben sind.

Dass eine solche mehr von den Interessen der öffentlichen Gesundheitspflege als vom streng hygienischen Standpunkt aus dictirte Untersuchung des Wassers für unser Wohlbefinden von hohem Werth ist, ist bereits in der Einleitung näher auseinandergesetzt worden. Die öffentliche Gesundheitspflege hat Sorge zu tragen, dass der Genuss wohlschmeckenden, angenehmen Wassers jedem Bewohner einer Stadt in vollsten Maasse zu Gebote steht. Zeigt sich ein Brunnen deutlich mit Jauche verunreinigt, enthält er eine Kochsalzmenge im Wasser, aus welcher hervorgeht, dass an einer local begrenzten Stelle auffallend viel Abfallstoffe ins Wasser gelangen, und dass das Wasser möglicherweise im Laufe der Zeit selbst grobsinnlich wahrnehmbare widrige Eigenschaften annehmen wird, so ist es gewiss Aufgabe der praktischen Gesundheitspflege das Wasser für ungeniessbar zu erklären und Remedur zu veranlassen. Und aus diesen mehr ästhetischen als hygienischen, aber darum nicht minder wichtigen Gesichtspunkten wird die Analyse des Trinkwassers der öffentlichen Gesundheitspflege stets unentbehrlich sein.

Erfordernisse zum Nachweis einer local begrenzten Verunreinigung des Wassers mit Abfallstoffen.

Für solche Untersuchungen ist dann nicht sowohl ein complicirter Apparat von analytischen Methoden erforderlich; einige wenige, auch ohne die Hülfsmittel eines Laboratoriums ausführbare Analysen, reichen für ein Urtheil über den Grad der Verunreinigung eines Brunnens aus; mit um so grösserer Sorgfalt ist aber darauf zu achten, dass die Untersuchungen unter Berücksichtigung der oben hervorgehobenen, die Brunnenbeschaffenheit beeinflussenden Momente ausgeführt wird.

a) Kochsalzbestimmung.

An erster Stelle ist die Kochsalzbestimmung vorzunehmen; in der Mehrzahl der Fälle genügt diese einzige analytische Methode. Dieselbe ist aber nicht auf das Wasser des einen zu begutachtenden Brunnens zu beschränken, sondern es ist erstens die durchschnittliche Verunreinigung des Grundwassers in dem betreffenden Terrain festzustellen; zweitens ist eventuell die Oertlichkeit des Brunnens und die Bodenbeschaffenheit zu prüfen und zu untersuchen, ob durch dieselbe ein abweichender Kochsalzgehalt des Brunnens begründet ist; drittens ist häufig den zeitlichen Schwankungen der Wasserzusammensetzung Aufmerksamkeit zuzuwenden.

b) Durchschnittlicher Kochsalzgehalt des Grundwassers.

Demgemäss sind zunächst von dem zu begutachtenden Wasser und den in der näheren Umgebung desselben befindlichen Brunnen gleichzeitig Proben (von je 500 cc) zu entnehmen. In 2 Controlversuchen, bei denen man je 100 cc mit Silberlösung titrirt, (pag. 282) ermittelt man den Kochsalzgehalt jeder Probe; innerhalb einer Stunde können bei genügender Uebung 15—20 Proben analysirt werden.

c) Localinspection des Brunnenterrains.

Treten nun auffällige Differenzen hervor, so ist zunächst die Anlage des Brunnens an Ort und Stelle zu prüfen und darauf zu achten, ob etwa directe Zuflüsse aus Jauchegruben bestehen, oder ob eine besondere

Nähe solcher Gruben oder fehlerhaften Anlagen, die zu einer hochgradigen Verunreinigung des Bodens und Wassers führen müssen, oder endlich Chlor-haltige Fabrikabgänge als Ursache des höheren Kochsalzgehalts anzusehen sind.

Zeigen sich solche schon grobsinnlich wahrnehmbare Symptome einer extremen Vernachlässigung des Brunnens, so ist die Benutzung desselben selbst ohne chemische Analyse zu beanstanden; in der weitaus grössten Mehrzahl der Fälle werden indess in Bezug auf die Anlage des Brunnens keine mit Sicherheit zu constatirende, grobe Abweichungen von der Norm zu finden sein, auf welche der höhere Kochsalzgehalt zurückgeführt werden könnte.

d) Untersuchung des Einflusses von Boden, Niederschlägen etc. auf den Kochsalzgehalt des Brunnens.

Um alsdann zu erweisen, dass derselbe einem äusserlich nicht wahrnehmbaren, aber dennoch vorhandenen localen Uebermaass von im Boden versitzenden Abfallstoffen entstammt, muss weiter, eventuell unter Zuhülfenahme der im zweiten Abschnitt behandelten Methoden, constatirt werden, dass in der Bodenbeschaffenheit, den Grundwasserverhältnissen, in dem Grade der Brunnenbenutzung etc. nicht das ursächliche Moment für eine Kochsalzsteigerung zu suchen ist. Namentlich giebt eine annähernde Bestimmung der Bodendurchlässigkeit in den Wasser führenden Schichten nach pag. 184 rasche und hinreichend genaue Aufschlüsse.

Um endlich die nur temporäre und vorübergehende Wirkung des wechselnden Wasserstandes, der Niederschläge etc. zu berücksichtigen, müssten mehrfach, in Zeiträumen von 8—14 Tagen, neue Untersuchungen derselben Brunnen erfolgen.

Auf solche Weise gelingt es mit einfachsten analytischen Methoden und ohne viel Zeitaufwand, eine Verunreinigung des Brunnens nachzuweisen, die auf abnorme, örtliche, vermeidbare Verhältnisse zurückzuführen und im Interesse der Brauchbarkeit und Genussfähigkeit des Trinkwassers eventuell zu beanstanden ist.

e) Anwendung anderer Methoden, wenn die Kochsalzbestimmung versagt.

Beeinträchtigen Chlor-haltige Fabrikabgänge oder die Nähe des Meeres die Deutung des Kochsalzes als Maass der Abfallstoffe, so ist nur auf Grund einer vollkommeneren Analyse, bei welcher die Ergebnisse für die verschiedenen Bestandtheile einander ergänzen, ein entschiedenes Urtheil möglich. Auch in diesem Falle kommt es dann mehr auf eingehende Berücksichtigung der äusseren, die Constitution des Wassers bedingenden Verhältnisse, als auf genaue Analysen an. Man kann daher auch Methoden mit weiteren Fehlergrenzen, wie z. B. die Indigomethode zur Salpetersäurebestimmung unbedenklich verwenden.

Anleitung zu einer vollständigeren Analyse des Wassers.

Um einen in jeder Hinsicht genügenden, vollständigen Ueberblick über die Zusammensetzung eines Wassers zu erhalten, bestimmt man zunächst behufs einer oberflächlichen Orientirung die Menge der festen

Bestandtheile (pag. 236) und beobachtet die Veränderung des Trockenrückstandes beim Glühen (p. 238); sodann sind die organischen Substanzen mittelst der Chamäleonmethode (pag. 245); die Salpetersäure mittelst Indigo (pag. 264), in den oben näher bezeichneten Fällen nach der TIEMANN'schen Methode (pag. 261); die Erden durch Seifetitrirung (pag. 291) oder bei einiger Uebung in Laboratoriumsarbeiten besser durch Gewichtsanalyse (pag. 287) zu bestimmen. Für die salpetrige Säure und Ammoniak genügt meistens qualitative Prüfung (pag. 257 resp. 252) oder annähernde quantitative Abschätzung.

Zusammenstellung der Resultate.

Die Resultate lassen sich wegen des geringen Gehalts der Trinkwässer an den untersuchten Bestandtheilen nicht gut in Procenten ausdrücken; besser übersichtliche Zahlen erhält man, wenn die Gewichtstheile in 100 000 Theilen Wasser angegeben werden; oder noch zweckmässiger erscheint es, allgemein das Verhältniss 1 : 1000 000 anzunehmen, da hierdurch zugleich die einzelnen Werthe in Milligramm pro 1 Liter Wasser oder in Gramm pro 1 C. M. ausgedrückt sind. — Für den Gehalt an salpetriger Säure und Ammoniak genügen meistens die Bezeichnungen: starke, mittlere, schwache Reaction. —

Vierter Abschnitt.

Untersuchung der Nahrung.

Die Untersuchung der Nahrungsmittel ist im Folgenden mit vorzugsweiser Betonung der hygienischen Gesichtspunkte behandelt. Daher ist auf diejenigen Einflüsse der Nahrung, welche nur selten eine Störung im Ernährungszustande des Körpers zu veranlassen im Stande sind, in geringerem Grade Rücksicht genommen; und namentlich ist auch die Untersuchung der Verfälschungen der Lebensmittel, die weniger aus hygienischen als vielmehr aus sittlichen, ästhetischen und finanziellen Motiven Interesse erwecken, nicht mit erschöpfender Vollständigkeit behandelt. Uebersicht der Darstellung.

Die beschriebenen Methoden sind zwar meist leicht ausführbar; doch ist die Untersuchung der Nahrungsmittel überhaupt complicirter und erfordert etwas grössere Uebung in Laboratoriumsarbeiten, als die hygienische Luft-, Boden- und Wasseruntersuchung. Dem Plane des vorliegenden Buches entsprechend sind daher manche schwierigere Untersuchungsweisen nur so weit geschildert, dass dem Arzte dadurch eine Orientirung über Princip und Leistungsfähigkeit der Methode möglich ist; dagegen ist auf detaillirte Literaturangaben Bedacht genommen, um ausserdem eine Uebersicht der vorhandenen Methoden und die Möglichkeit zu näherer Instruirung zu geben.

Zunächst ist ein kurzes Schema zur Analyse der allgemeinen Nahrungsbestandtheile gegeben; danach ist die specielle Untersuchung der einzelnen Nahrungsmittel und der Nachweis der Verfälschungen besprochen. Im folgenden Capitel ist sodann die Verwendung der Nahrungsmittel zur Massenernährung als Gegenstand der Untersuchungen kurz behandelt.

Literatur. Genauere Angaben über einzelne Kapitel der Nahrungsanalyse bieten folgende Handbücher: Letheby, On food etc. London 1872. — Hassall, Food, its adulterations and the methods for their detection, London 1876. — Fox, Sanitary examinations of water, air and food. London 1878. — Gautier, Traité des aliments et des boissons etc. Paris 1874. — Wittstein, Taschenbuch der Nahrungs- und Genussmittellehre. Nördlingen 1878. — Dietzsch, die wichtigsten Nahrungsmittel und Getränke etc. Zürich 1879. — Griessmayer, Die Verfälschung der wichtigsten Nahrungs- und Genussmittel, Augsburg 1880. — Vogl, Nahrungs- und

Genussmittel aus dem Pflanzenreiche etc. Wien 1872. — W. Schmid, Anleitung zu sanitarisch und polizeilich-chemischen Untersuchungen. Zürich 1878. — E. Wolff, Anleitung zur chemischen Untersuchung landw. wichtiger Stoffe. Berlin 1875. — Grandeau, Handbuch für agriculturchem. Analysen. Berlin 1879. — J. König, Die menschlichen Nahrungs- und Genussmittel. Berlin 1880. — Das letztgenannte vorzügliche Handbuch macht die Mehrzahl der vorerwähnten entbehrlich. —

I. Untersuchung der allgemeinen Nahrungsbestandtheile.

Allgemeine Bestandtheile der Nahrungsmittel.

Bei den zur Untersuchung gelangenden Nahrungsmitteln ist zunächst das Wasser zu bestimmen; sodann die organische Substanz. Von letzterer wird entweder nur die Elementarzusammensetzung durch Bestimmung des Kohlenstoffs, Wasserstoffs, Stickstoffs, Sauerstoffs, Schwefels und Phosphors ermittelt; oder aber gewöhnlicher werden gewisse, durch besondere chemische Charaktere unterschiedene Gruppen von organischen Stoffen analysirt, denen zugleich eine eigenthümliche Bedeutung für die Ernährung zukommt. Diese zur Untersuchung gelangenden Körper sind folgende: Eiweiss; Fett und Fettsäuren; Kohlehydrate (Zuckerarten, Stärke, Cellulose). — Viele ausserdem in den Nahrungsmitteln vorkommende Bestandtheile, wie Lecithin, Cholesterin, Asparagin, Alkaloide, Chlorophyll, viele organische Säuren etc. werden zum Theil später bei der Analyse der einzelnen Nahrungsmittel Erwähnung finden, theils haben sie zu specielles Interesse, um hier besprochen zu werden.

Probenahme.

Grosse Sorgfalt ist bei den Analysen auf eine rationelle Probenahme zu verwenden. Nur in seltenen Fällen bildet die rohe Substanz der Nahrungsmittel ein so gleichmässiges Gemenge, dass eine kleinere zur Analyse verwandte Portion zuverlässig die durchschnittliche Zusammensetzung anzeigt. Je ungleichmässiger das Gemisch ist, um so grösser wird die zuerst entnommene Probe sein müssen; diese muss dann erst fein zerkleinert und aufs sorgfältigste durcheinandergemischt werden, um eine weitere Probenahme kleinerer Portionen zu gestatten. Bei wasserreichen oder fettigen Substanzen ist ein Zerkleinern der Rohsubstanz ohne Verluste nicht möglich; alsdann sind dieselben erst zu trocknen und eventuell auch zu entfetten, dann zu zerkleinern, zu mischen, und erst von dem so hergerichteten gleichmässigen Pulver sind Proben für die Analyse abzuwiegen.

1. Wasserbestimmung.

1) Wasserbestimmung.

Die Wasserbestimmung kann nur in den Fällen, wo die Substanz gleichmässig feinpulvrig ist, direct vorgenommen werden, indem

man etwa 5 gr im Trockenkölbchen abwägt und bei 105 bis 110° im Trockenschrank stehen lässt, bis keine weitere Gewichtsabnahme mehr erfolgt. — Gröbere Substanzen sind zunächst in grösserer Portion, 100 bis 500 gr, abzuwiegen, dann mit dem Messer in kleinere Stücke zu zerschneiden und nun bei einer Temperatur unter 100° vorzutrocknen. Tritt keine erhebliche Gewichtsabnahme mehr ein, so lässt man circa 12 Stunden an der Zimmerluft stehen, und wägt wieder. Das nun erhaltene Material zerkleinert man weiter in einer Schrotmühle oder im Mörser und siebt es durch ein Sieb von $^1/_2$—1 mm Maschenweite. Von dem gleichmässigen, feinen Pulver wägt man Portionen von 3—5 gr ab und trocknet wie oben bei 110°. Wog die frische Substanz a gr, nach dem ersten Trocknen c gr, war der Wasserverlust beim Vortrocknen folglich $a-c$ gr; und wurden zum zweiten Trocknen d gr verwandt, in denen sich e gr Wasser fanden, so verhält sich $\frac{e}{d} = \frac{x}{c}$; daraus ergiebt sich das noch in der Substanzmenge c zurückgebliebene Wasser $x = f$; der gesammte Wassergehalt von a beträgt also $a-c+f$ und in Procenten: $\frac{a-c+f}{a} = \frac{x}{100}$. — Fettreiche Substanzen lassen sich weder fein zerkleinern noch austrocknen; sie müssen vorher durch Behandeln mit Aether theilweise entfettet werden. Kommen zubereitete Speisen, denen sehr viel Fett zugemischt ist, zur Analyse, so ist es ausserdem zweckmässig, dieselben zunächst durch einen erwärmten Trichter zu filtriren, das ablaufende Fett für sich zu wägen und dann erst eine oberflächliche Extraction mit Aether folgen zu lassen; darauf gelingt das Trocknen und Zerkleinern ohne Mühe. Das trocken gewogene Fett wird der nach dem Trocknen zurückbleibenden Substanzmenge zugezählt, und die nachfolgenden Analysen werden auf die ganze, fetthaltige Substanz berechnet.

Berechnung.

Wasserbestimmung in fettreichen Substanzen;

Flüssigkeiten können, falls es nicht auf grosse Genauigkeit ankommt, in der Weise untersucht werden, dass nach sorgfältigem Durchmischen 10—20 cc mittelst Pipette abgemessen und im Trockenschrank bei 105 bis 110° zur Trockene verdunstet werden.

Bei einer Temperatur unter 110° verlieren viele organische Substanzen ihr Wasser nicht völlig; andererseits finden bei 110° leicht bereits Zersetzungen anderer Stoffe und dadurch Verluste (von Ammoniak, CO_2 etc.) statt. Bei sehr veränderlichem Material wendet man daher besser niedere Temperatur, 100°, an und befördert die Wasserabgabe durch Durchleiten eines Luft- oder besser Wasserstoffstromes; die Substanz füllt man alsdann in eine Liebig'sche Trockenröhre und taucht diese in ein Wasserbad (s. Fresenius, Anleitung z. quant. Anal. 6. Aufl. p. 56). — Steht ein Vacuum zur Verfügung, so bedient man sich desselben passend zur Austreibung der letzten Wassermengen aus zersetzlichen Substanzen. Nöthigenfalls lässt sich ein Vacuum in einfachster Form dadurch herstellen, dass man aus einer

bei leicht zersetzlichen Substanzen.

tubulirten Glasglocke, unter der eine Schale mit Aetzkalk steht, die Luft mittelst CO_2 austreibt, welche letztere dann von dem Aetzkalk absorbirt wird.

2. Eiweissbestimmung.

2) Eiweissbestimmung. Qualitative Reactionen.

Die Eiweisskörper sind zum Theil in Wasser löslich; sie werden dann gefällt durch Mineralsäuren, durch Essigsäure und concentrirte Lösung von Alkalisalzen (Glaubersalz), durch Essigsäure und Ferrocyankalium; durch Gerbsäure, durch Metallsalze, durch Alkohol. Unlöslich gewordene Albuminate werden gelöst durch kaustische Alkalien, concentrirte Essig- und Salzsäure; Salpetersäure färbt sie beim Erhitzen gelb; salpetersaures Quecksilberoxyd, welches salpetrige Säure enthält, bewirkt beim Erwärmen auf 60—100° eine rothe Färbung (Millon's Reagens); mikroskopisch sind Eiweisskörper nachweisbar durch die Gelbfärbung, welche sie bei Jodzusatz erleiden, und durch die Violettfärbung bei der Behandlung mit Zucker und Schwefelsäure. — Die alkalische Auflösung der Eiweisskörper wird auf Zusatz von etwas Kupfervitriollösung violett gefärbt. — Beim Erhitzen der trockenen Substanz mit Natronkalk entweicht Ammoniak, welches sich durch Curcumapapier und durch die bei Berührung mit Salzsäure entstehenden Salmiaknebel nachweisen lässt. —

Quantitative Bestimmung.

Die quantitative Bestimmung des Eiweissgehalts der Nahrungsmittel kann in den meisten Fällen nicht direct erfolgen, sondern ist aus dem Stickstoffgehalt zu berechnen.

a) Verbrennung mit Natronkalk.

Letzteren bestimmt man am einfachsten mittelst der Varrentrapp-Will'schen Methode durch Verbrennen mit Natronkalk. Dieselbe ist in jedem Handbuch der chemischen Analyse ausführlich beschrieben; Princip und Ausführung der Methode sind kurz folgende: Werden Stickstoffverbindungen, in denen der Stickstoff nicht an Sauerstoff gebunden ist, mit Alkalihydrat erhitzt, so zersetzt sich das Hydratwasser der letzteren; der Sauerstoff bildet mit dem Kohlenstoff CO_2, der Wasserstoff mit dem Stickstoff Ammoniak. Das gebildete Ammoniak kann man entweder in Salzsäure auffangen, mit Platinchlorid zur Trockene verdampfen und das dann gebildete Ammoniumplatinchlorid abfiltriren, glühen und als Platin wägen; oder man lässt das Ammoniak durch eine bekannte Menge titrirter Schwefelsäure oder Oxalsäure absorbiren und bestimmt die Menge desselben aus dem geringeren Verbrauch an Natronlauge bei einer zweiten Titrirung der Säure. — Die Verbrennung erfolgt in einer 60 cm langen und 12—15 mm weiten Glasröhre, die hinten zugeschmolzen ist und vorn mit den auffangenden, mit Säure gefüllten Kugelapparaten verbunden ist; die Röhre wird zuerst mit einer kurzen Schicht Natronkalk, dann mit einer innigen Mischung der Substanz mit Natronkalk, dann wieder einer Schicht reinen Natronkalks beschickt und schliesslich, wenn die Verbindung mit der Vorlage hergestellt ist, vorsichtig zum Glühen erhitzt.

Nothwendige Cautelen.

Folgende Vorsichtsmassregeln sind bei dieser Bestimmung hauptsächlich einzuhalten: 1) Die Substanz muss möglichst fein gepulvert sein; ist eine genügende Zerkleinerung derselben nicht möglich, so führt oft ein Behandeln der gewogenen

Substanzmenge mit concentrirter Schwefelsäure zum Ziele, welche die organische Substanz zerstört; man setzt dann feingepulverten kohlensauren Kalk zu, bis die ganze Masse durch Mischen im Mörser in ein homogenes Pulver verwandelt ist; von dem insgesammt gewogenen Gemisch wägt man einen kleinen Bruchtheil zur Analyse ab. — 2) Die Reagentien müssen rein sein; namentlich darf der Natronkalk keine Salpetersäure enthalten, die durch Glühen mit organischen Substanzen Ammoniak liefern würde. Der käufliche Natronkalk enthält häufig Spuren von Nitraten und Nitriten; man prüft denselben auf seine Reinheit, indem man ihn mit reinem Zucker in der Verbrennungsröhre glüht; die vorgelegte Säure darf alsdann durchaus kein Ammoniak aufnehmen. 3) Bei hohem N-Gehalt der Substanz mischt man dieselbe mit 0,3 bis 0,5 gr reinem, vorher auf etwaigen N-Gehalt geprüften Rohrzucker, um das Ammoniak zu verdünnen und regelmässige Gasentwicklung zu unterhalten. Etwa $^2/_3$ des Zuckers bringt man nur mit Natronkalk gemischt an das hintere Ende der Röhre und erhitzt diese Schicht zuletzt, um durch die so entwickelten Gase den Rest des Ammoniaks aus der Röhre auszutreiben. Diese Methode ist dem früher gebräuchlichen Verfahren, nach beendeter Verbrennung die letzten Reste Ammoniak durch Durchsaugen von Luft auszutreiben, deshalb vorzuziehen, weil im letzteren Falle leicht Verbrennung des Ammoniaks stattfinden kann. — Statt des Zuckers kann man auch reine Oxalsäure in den hinteren Theil der Röhre bringen und durch deren Zersetzungsgase die Austreibung des Ammoniaks bewirken. 4) Die Verbrennungsröhre darf nicht zu lang, die Natronkalkschicht nicht zu gross sein; und die Hitze darf nur bis zu dunkler Rothgluth der Röhre gesteigert werden, weil sonst Dissociation des Ammoniaks eintreten kann. 5) Die Endbestimmung mit Platinchlorid soll gewisse Vortheile bieten, weil gewisse Aminbasen durch dasselbe mit gefällt werden. Bei sorgfältigem Arbeiten scheint aber auch das Aufnehmen in titrirter Säure hinreichend gute Resultate zu geben. — Titrirt man die Säure mit Barytlösung, so hat man den Vortheil, dass gefärbte Producte, die leicht in die Vorlage übergehen, mit dem Niederschlag niedergerissen werden und dass daher der Moment des Farbenwechsels der Rosolsäure oder des Lackmus besser beobachtet werden kann, als wenn mit Natronlösung titrirt wird. Andererseits aber hat man sich bei Anwendung der Barytlösung sehr in Acht zu nehmen, dass letztere nicht durch kohlensauren Baryt getrübt ist, und dass von der Oeffnung der Bürette keine Partikel von kohlensaurem Baryt sich loslösen, in die Säure gelangen und dort einen nicht controlirbaren Antheil der Säure sättigen.

Verbrennung von fetten Substanzen und Flüssigkeiten.

Fette Substanzen müssen vor der Verbrennung entfettet werden. — Flüssigkeiten werden entweder in Hofmeister'schen Glasschälchen eingetrocknet, die dann mit verrieben und dem Natronkalk beigemischt werden; oder man dampft 5—10 cc derselben mit Quarzsand zur Trockene. In sehr vielen Fällen kann die Eiweissbestimmung in Flüssigkeiten direct erfolgen; vgl. unter Milch.

b) Verbrennung nach Dumas' Methode.

Die zweite Methode zur Stickstoffbestimmung, von Dumas angegeben, ist erheblich complicirter als die Natronkalkverbrennung. Die Substanz wird in einer langen hinten geschlossenen Verbrennungsröhre mit Kupferoxyd verbrannt; die gebildeten Verbrennungsprodukte werden durch eine im vorderen Ende der Röhre befindliche zum Glühen erhitzte Kupferspirale zu Stickgas reducirt; die entweichenden Gase werden über Queck-

silber in einem Eudiometer aufgefangen, in welchem sich eine Schicht Kalilauge zur Absorption der CO_2 befindet; das restirende Stickgas wird gemessen. Um die atmosphärische Luft aus der Röhre zu verdrängen, wird das hintere Ende der Verbrennungsröhre mit Natriumbicarbonat (oder kohlensaurem Manganoxydul) beschickt; die beim Glühen desselben frei werdende CO_2 verdrängt die Luft der Verbrennungsröhre; nach beendigter Verbrennung treibt eine weitere Portion in derselben Weise entwickelter CO_2 die restirenden Verbrennungsgase in die Vorlage über.

Fehlerquellen der Methode.

Man kann auch die Verbrennungsröhre hinten mit einem CO_2-Entwicklungsapparat in Verbindung setzen und durch die so entwickelte CO_2 die Luft austreiben; doch enthält selbst die mit grösster Sorgfalt und mit ausgekochter Salzsäure producirte CO_2 etwa 0,5 bis 1 pro mille Luft, und daher darf die Menge der durchgeleiteten CO_2 nicht erheblich sein; am zweckmässigsten erscheint die combinirte Anwendung von CO_2-Strom und Natriumcarbonat. — Ein vollständiges Entfernen der Luft ist sehr schwierig; dieser Umstand bedingt eine Fehlerquelle, die leicht ein zu hohes Resultat finden lässt. Ausserdem können sich Spuren von flüchtigen Kohlewasserstoffen der Verbrennung entziehen, und dann in demselben Sinne die Resultate beeinflussen. — Die nähere Beschreibung der Methode, die ohne Uebung in Laboratoriumsarbeiten nicht ausführbar ist, findet sich in den speciellen Anleitungen zur chemischen Analyse.

Vergleich der Leistungsfähigkeit beider Methoden.

In neuerer Zeit ist die Methode der Natronkalkbestimmung vielfach als unzureichend bezeichnet, weil sie häufig viel niedrigere Resultate giebt, als die Stickstoffbestimmung nach Dumas. Bei Einhaltung der oben angegebenen Vorsichtsmassregeln leistet jedoch die Will'sche Methode alles wünschenswerthe; Substanzen von bekanntem Stickstoffgehalt werden durchaus richtig analysirt, sobald man nur bei hohem Stickstoffgehalt eine entsprechende Menge Zucker zufügt, und sobald man sorgt, dass keine Dissociation oder Verbrennung des Ammoniaks eintreten kann. Substanzen von unbekanntem Stickstoffgehalt zu vergleichenden Versuchen über die Leistungsfähigkeit der Dumas'schen und Will'schen Methode zu benutzen, und die Resultate der ersteren als richtige Ziffer zu Grunde zu legen, ist deshalb nicht angänglich, weil auch der Dumas'schen Methode die oben genannten Fehlerquellen anhaften, die leicht ein zu hohes Resultat veranlassen. Differenzen zwischen den Resultaten beider Methoden müssen deshalb in besonders auffallender Weise sich bemerklich machen, weil die Will'sche Methode leicht zu niedrige, die Dumas'sche zu hohe Zahlen giebt; in Wahrheit sind beide Methoden nicht absolut genau, aber bei vorsichtiger Ausführung scheinen die Fehler beider Methoden nicht so gross zu sein, dass ihre Resultate nicht durchaus brauchbar wären. — Die Natronkalkverbrennung hat den sehr grossen Vortheil einer ausserordentlich viel rascheren und leichteren Ausführbarkeit. Bei einiger Uebung gelingt es, mit derselben 12 und mehr Stickstoffbestimmungen im Laufe eines Tages auszuführen, während die Dumas'sche Methode mit allen Vorbereitungen 4—5 Stunden Zeit beansprucht. Schon aus diesem Grunde ist es wünschenswerth, die Will'sche Methode nicht etwa deshalb ganz aus den Laboratorien zu verbannen, weil sie zuweilen, aber unter Umständen versagt, die vermuthlich durch einige weitere Cautelen vermeidbar sind.[1]

Berechnung der Eiweissmenge aus dem Stickstoff.

Um aus dem Stickstoff den Gehalt an Eiweiss zu berechnen, ist es bei den Agriculturchemikern gebräuchlich, den erhaltenen Stickstoffwerth mit 6,25 zu multipliciren; man setzt dann voraus, dass das Eiweiss 16 $^0/_0$ N

enthalte. Nach VOIT legt man einen N-Gehalt des Eiweisses von 15,5 % zu Grunde [2] und hat dann die Stickstoffwerthe mit 6,45 zu multipliciren, um auf Eiweiss umzurechnen. — Selbstverständlich ist die so erhaltene Eiweissziffer nur eine sehr annähernde; meistens vertheilt sich der gefundene Stickstoff ausser auf Eiweiss noch auf sogenannte Extractivstoffe von höherem Stickstoffgehalt; solche finden sich beispielsweise im Fleisch; ferner sind in Kartoffeln und Rüben Amidverbindungen von höherem Stickstoffgehalt nachgewiesen. Ausserdem zeigen manche Eiweisskörper, namentlich pflanzliche wie Conglutin und Legumin, einen viel höheren Stickstoffgehalt als 16 % (18—19 %); so dass also im allgemeinen die Zahlen für Eiweiss, wenn sie nach obiger Berechnung gewonnen werden, zu hoch ausfallen. Man wird jedenfalls sich immer bewusst sein müssen, dass der Stickstoffgehalt eines Nahrungsmittels ebensowohl den verschiedensten, für die Ernährung mehr indifferenten Extractivstoffen entstammen kann, wie dem für die Ernährung so hochwichtigen Eiweiss.

Zuweilen kommen auch **Peptone** in Nahrungsmitteln vor. Für dieselben ist ausser ihrem grossen Diffusionsvermögen namentlich charakteristisch, dass sie durch Alkohol, Sublimat, Bleiacetat, Gerbsäure aus ihren wässrigen Lösungen gefällt werden, während dies durch Mineralsäuren, Essigsäure, Ferrocyankalium und Essigsäure, Kupfersulfat, Eisenchlorid nicht gelingt. Salpetersäure färbt die Peptone gelb; mit salpetersaurem Queeksilberoxyd und etwas salpetriger Säure gekocht, färben sie sich roth (MILLON's Reagens). — Am siehersten gelingt ihr Naehweis durch die sogenannte Biuret-Reaction [3]: versetzt man Peptonlösung mit etwas Kali- oder Natronlauge und ein oder zwei Tropfen höchst verdünnter Kupfervitriollösung (so verdünnt, dass sie nur in diekeren Schichten bläulich erscheint), so entsteht eine blassrosa Färbung; enthält die Lösung neben Peptonen Eiweiss, so tritt violette Farbe auf; reine Eiweisslösungen färben sich blau. — Ferner gelingt der Nachweis und eventuell die quantitative Bestimmung von Peptonen nach folgender von SCHMIDT-MÜLHEIM angegebener Methode [4]: die etwa in Lösung befindlichen ächten Eiweisskörper werden durch Kochen mit essigsaurem Eisenoxyd unter Zusatz von etwas schwefelsaurem Eisenoxyd vollständig gefällt; im Filtrat wird das Pepton durch Phosphorwolframsäure gefällt; aus concentrirten Lösungen erfolgt die Fällung vollständig, aus verdünnten nach starkem Ansäuern mit Salzsäure nahezu vollständig. Man setzt zum Zweck der quantitativen Bestimmung so lange Phosphorwolframsäure zu, bis eine filtrirte Probe die Biuretreaction nicht mehr giebt; der Niedersehlag wird dann gewaschen, getrocknet und naeh der DUMAS'schen Methode verbrannt; aus dem hierbei gefundenen N-Gehalt berechnet man die Peptonmenge unter der Annahme, dass letzteres 15,6 % N enthalte. —

Peptone.

Reactionen.

3. Fettbestimmung.

Das Fett der Nahrungsmittel wird bestimmt, indem man dasselbe in Aether aufnimmt, den Aether verdunstet und den trockenen Rückstand wägt. Aether extrahirt jedoch aus vielen Nahrungsmitteln noch andere Stoffe als Fett, z. B. Harz, Wachs etc; bei Gewürzen wird namentlich

3) Fettbestimmung.

flüchtiges Oel mit aufgenommen, das zweckmässig für sich dadurch bestimmt wird, dass man das bei der Destillation mit den Wasserdämpfen übergehende Oel mit Aether ausschüttelt. — Im Ganzen sind jedoch die Beimengungen anderer Stoffe geringfügig und der Aetherextract ist ohne zu grossen Fehler als identisch mit dem Fettgehalt anzusehen.

Vorbereitung der Substanz.

Die zu untersuchende Substanz ist auch zur Aetherextraction in fein pulvrigem Zustand zu verwenden; ausserdem muss sie vollständig trocken sein; ist die Substanz feucht, so verursacht die Wasserbeimengung zum Aether, dass nunmehr andere Stoffe, die in reinem Aether nicht löslich sind, in den Extract übergehen und dessen Gewicht vermehren. Der angewendete Aether muss daher auch durchaus frei von Wasser und Alkohol sein und vor dem Gebrauch auf diese Eigenschaften geprüft werden. — Sollen Flüssigkeiten analysirt werden, so sind 5—10 cc derselben mit feinem Sand oder gebranntem Gyps etc. zu mischen, zu trocknen und zu gleichmässigem Pulver zu verreiben.

Der qualitative Nachweis des Fettes geschieht, indem man einige Gramm der Substanz im Kölbchen mit Aether übergiesst, in den Dämpfen eines Wasserbades zum Sieden erhitzt und dann durch ein kleines trockenes Filter filtrirt. Das Filtrat hinterlässt nach dem Abdunsten das Fett, das man an seinem Aussehen, an seiner Eigenschaft Papier und Leinen durchscheinend zu machen, oder durch das Gefühl beim Reiben zwischen den Fingern erkennt. — Zur quantitativen Bestimmung eignet sich das Ausschütteln der Substanz und nachfolgendes Filtriren nicht, weil leicht ein Theil der Substanz auf das Filter geräth, weil sich der Aether schwierig ohne Verlust abgiessen lässt, und weil das Filter an den nicht fortwährend vom Aether benetzten Stellen hartnäckig Fett zurückzuhalten pflegt; ausserdem ist eine sehr grosse Menge Aether zur vollständigen Erschöpfung fettreicher Substanzen nöthig. Ist ein Wiedergewinnen des Aethers nicht beabsichtigt, so lässt sich eine annähernde quantitative Bestimmung am raschesten in der Weise ausführen, dass man die Substanzmenge (3—6 gr) auf ein kleines Filter giebt und den Aether in eine Bürette mit Glashahn einfüllt; letzteren stellt man dann so ein, dass der Aether, nachdem die Substanz einmal mit demselben überschichtet ist, in gleichmässigem Tempo auf das Filter tropft und dort immer das gleiche Niveau erhalten bleibt. Man hört mit dem Aetherzusatz auf, wenn eine Probe des Filtrats auf einem Uhrglas verdunstet, keinen fettigen Rückstand hinterlässt. Das Filtrat wird in gewogenem Becherglas gesammelt, zunächst bei niederer Temperatur abgedunstet, und der Rückstand bei 100° getrocknet und gewogen. — Da jedoch die Extraction bei dem angegebenen Verfahren nicht mit siedendem Aether geschieht, so fällt sie nur schwierig und unter starkem Verbrauch von Aether hinreichend vollständig aus.

Methoden der Aetherextraction.

Annähernde Bestimmungen.

Anwendung eines Kühlrohrs.

Soll kochender Aether angewendet werden, so versieht man das Kölbchen, welches die Substanz enthält, mit einem Liebig'schen Kühlrohr, das man senkrecht auf dem Kölbchen fixirt. Letzteres wird mit Aether beschickt und dann $^1/_2$ Stunde lang ausgekocht, wobei der verdampfte Aether immer wieder in das Kölbchen zurücktropft. Man nimmt das Kühlrohr ab und setzt auf das Kölbchen einen doppelt durchbohrten Kautschuckkork, in welchem sich zwei Glasröhren befinden von derselben Form wie bei den üblichen Spritzflaschen. Die längere Röhre ist am eintauchenden Ende mit dichtem Musselin überbunden; bläst man in die kürzere

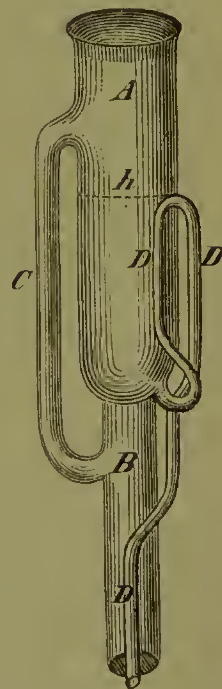
hinein oder erwärmt man bei verschlossenem kürzeren Rohr, so filtrirt der Aether klar durch das Musselin hindurch und fliesst durch das längere Rohr in das untergestellte Becherglas. Das Auskochen der Substanz wird dann mehrere Male wiederholt, bis ein Tropfen des Filtrats auf einem Uhrglas keinen Rückstand mehr erkennen lässt. Die gesammelten Filtrate werden abgedunstet, getrocknet und gewogen; bei fettreichen Substanzen kann man die Filtrate in einem Messkolben sammeln und nur in einem aliquoten Theil den Rückstand bestimmen.

Aether-Extractionsapparate.

Will man mit geringen Aethermengen ausreichen, so bedient man sich zweckmässig eines der zahlreichen neuerdings empfohlenen Extractionsapparate, denen meistens das Princip zu Grunde liegt, dass der Aether in einem unter der zu extrahirenden Substanz befindlichen Gefäss zum Sieden erhitzt wird, sodass die Aetherdämpfe durch die Substanz hindurchdestilliren, sich oberhalb derselben in einem Kühlrohr wieder verdichten, in Tropfenform wieder zur Substanz gelangen, diese durchsetzen und mit Fett beladen in das untere Gefäss zurückfliessen; von dort beginnt dieselbe Aethermenge den Kreislauf immer von neuem. Solche Apparate sind leicht hergestellt, indem man ein weites unten verjüngtes Glasrohr unten mit einem Kölbchen, oben mittelst durchbohrten Korks mit einem Kühlrohr verbindet, und indem man in das Glasrohr ein Papierfilter mit der Substanz, oder auch ein engeres, die Substanz enthaltendes Glasrohr hineinsetzt, das man unten mit Filtrirpapier überbunden hat.[5]

Apparat von Soxhlet.

Fig. 58.



Fettextractions-Apparat von Soxhlet.

Der vollkommenste der zur Zeit gebräuchlichen Fettextractionsapparate scheint der von SOXHLET angegebene zu sein; durch denselben wird namentlich erreicht, dass die Substanz immer bis zum gleichen Niveau mit Aether überschichtet bleibt, was für eine vollständige Extraction von wesentlichem Vortheil ist. Der SOXHLET'sche Apparat besteht aus einem 35 mm weiten und 150 mm hohen Glascylinder *A* (Fig. 58), an dessen Boden das 13—15 mm weite, 105 mm lange Rohr *B* angeschmolzen ist; *A* und *B* sind durch das 8—9 mm weite Rohr *C* verbunden. Der aus einer dickwandigen, aber nur 2—3 mm weiten Röhre gefertigte Heber *D* ist an der tiefsten Stelle am Boden von *A* angeschmolzen, biegt sich an der Aussenwand von *A* nach aufwärts, und geht, immer der äusseren Cylinderwand anliegend, nach abwärts und durch *B* hindurch. Das Rohr *B* wird mittelst eines Korkes mit einem etwa 100 cc fassenden weithalsigen Kölbchen, *A* mit einem Rückflusskühler verbunden. Die zu extrahirende Substanz füllt man in eine cylindrische Hülse von Filtrirpapier, welche folgendermassen angefertigt wird: Man rollt um ein cylindrisches circa 30 mm

dickes Holzstück ein Stück Filtrirpapier zweimal herum, lässt dasselbe an der einen Seite etwa 15 mm über den Rand des Holzstückes überstehen, faltet diesen überstehenden Theil wie man ein Packet schliesst, und ebnet den so gebildeten Boden der Hülse durch kräftiges Aufdrücken. Der Aether filtrirt durch eine solche Papierhülse vollkommen klar; eine Einlage von Baumwolle ist daher nicht nöthig. Dagegen ist es gut, nach dem Einfüllen der Substanz etwas Baumwolle obenauf zu legen, um ein Herausspritzen von Substanz durch die einfallenden Aethertropfen zu verhindern. — Die Hülse stellt man dann in den Cylinder, doch legt man, um ein Verschliessen der Heberöffnung am Boden zu verhindern, einen Ring aus Blechstreifen oder dergl. unter. Der obere Rand der Hülse muss wenigstens 3 mm unter dem höchsten Punkt der Heberkrümmung liegen, sonst hält der Filterrand Fett zurück. Schliesslich giebt man 25 cc Aether in das Kölbchen, verbindet den Cylinder mit letzterem und dem Kühlrohr, und erwärmt das Kölbchen in einem auf etwa 70° gehaltenen Wasserbad. — Nach etwa 30 Minuten kann man sicher sein, dass die Extraction beendet ist; der Fettrückstand im Kölbchen wird dann nach dem Verjagen des Aethers 15 Minuten bei 100° getrocknet und nach dem Erkalten gewogen. —

Ueber andere specielle Methoden der Fettbestimmung s. unter „Milch“, „Butter“.

Bestimmung der Fettsäuren nach Hofmann.

Bestimmung der Fettsäuren. Fast stets kommen neben den Fetten noch freie Fettsäuren in den Nahrungsmitteln vor, deren Ermittlung von Interesse ist. Dieselben sind grösstentheils in Wasser völlig unlöslich und daher von vielen anderen Substanzen durch Auswaschen mit Wasser zu trennen; einige niedere Fettsäuren sind aber auch in Wasser löslich, und ferner sind die unlöslichen Fettsäuren wiederum schwer von dem ebenfalls unlöslichen Fett zu trennen. Ein einfacher Nachweis und eine leichte quantitative Bestimmung der Fettsäuren gelingt dagegen nach Hofmann auf Grund der saueren Reaction derselben.[6] Sauere Reaction kommt allen, auch den im Wasser unlöslichen Fettsäuren zu; nur muss man zum Nachweis derselben einen Farbstoff benutzen, der zusammen mit der Fettsäure in einem gemeinschaftlichen Lösungsmittel löslich ist (vgl. pag. 127); daher eignet sich Lakmus für solchen Nachweis nicht, sondern nur die in Alkohol und Aether löslichen Indicatoren, z. B. Rosolsäure, Alkanna, Phenolphtaleïn. — Die quantitative Bestimmung kann durch Titriren einer abgewogenen, in Aether gelösten Menge der Fettsäure mittelst Natronlauge erfolgen. Letztere darf nicht in wässriger Lösung angewendet werden, sondern man muss ebenfalls alkoholische Natronlösung benutzen, die mit der Fettsäurelösung mischbar ist. Da aber eine alkoholische Aetznatronlösung sich bald zersetzt und daher ihren Titer nicht längere Zeit conservirt, hält man besser eine starke wässrige Aetznatronlösung von bekanntem Gehalt vorräthig, und mischt von dieser zum jedesmaligen Versuch 10 cc mit 100 cc völlig neutralem Alkohol. — Zur Ausführung der Bestimmung löst man die Substanz vollständig in Aether, versetzt mit einigen Tropfen Rosolsäure oder Alkannalösung und lässt die Natronlösung aus einer Bürette zufliessen, bis eben erste alkalische Reaction auftritt. Im Laufe der Titrirung können Trübungen entstehen durch Bildung von Seifen oder durch Abscheidung von Fetten; im ersteren Fall ist mehr Alkohol, im zweiten mehr Aether dem Gemisch zuzufügen. — Der

Titer der Natronlauge wird am besten in milligr. SO_3 angegeben, und so also der Fettsäuregehalt einer Substanz nach mgr. SO_3 berechnet. — Soll die in einem Fett enthaltene Fettsäuremenge nach der vorstehenden Methode ermittelt werden, so ist das Fett zunächst durch Erwärmen mit Kalilauge zu verseifen; nach beendeter Verseifung, nachdem man die Seife isolirt hat, zersetzt man dieselbe mittelst Salzsäure von bekanntem Gehalt und titrirt darauf mit Natronlauge; von dem Gesammtverbrauch der letzteren ist schliesslich die Menge abzuziehen, die der zugesetzten Salzsäure entspricht.[7] — Nach Jacobson giebt auch Rosanilin ein qualitatives Erkennungsmittel für Fettsäuren, indem sich dasselbe in neutralen Fetten und Oelen selbst beim Erwärmen nicht auflöst, dagegen leicht ein Oel roth färbt, das freie Säure enthält.[8] Einige speciellere Methoden zur Fettsäurebestimmung s. unter „Butter."

4. Bestimmung der Kohlehydrate.

4) Bestimmung der Kohlehydrate.

Unter den in den Nahrungsmitteln vorkommenden Kohlehydraten interessiren zunächst die Zuckerarten: Traubenzucker, Laevulose, Milchzucker und Rohrzucker; dann Dextrin und Gummi; dann Stärke; endlich Cellulose. Dieselben werden aus praktischen Gründen zweckmässig in der hier gegebenen Reihenfolge besprochen.

a. Bestimmung des Traubenzuckers.

a) Traubenzucker.

Traubenzucker, besser Dextrose oder Glycose genannt, ($C_6H_{12}O_6$) lässt sich von vielen anderen Bestandtheilen der Nahrungsmittel durch Behandeln mit Wasser trennen, in dem der Traubenzucker leicht löslich ist; auch Alkohol löst ihn, und zwar um so mehr, je verdünnter der Alkohol ist. Der Nachweis des Traubenzuckers lässt sich zunächst durch die Gährungsprobe führen. Zwei Kolben werden durch ein System von Glasröhren verbunden; der eine wird mit der zu untersuchenden wässrigen Lösung und etwas Hefe, der andere mit Barytwasser beschickt; steht der Apparat einige Zeit bei mittlerer Temperatur, so entwickelt sich CO_2, die das Barytwasser trübt, während die Zuckerlösung Geruch und Geschmack nach Alkohol angenommen hat. — Die gebräuchlichsten qualitativen Reactionen sind ferner:

Qualitative Proben.

Gährungsprobe.

Trommer's Probe.

Die Trommer'sche Probe. Eine Lösung von Kupfervitriol mit Natronlauge vermischt lässt blaues Kupferoxydhydrat ausfallen, das beim Erhitzen in schwarzes Kupferoxyd übergeht. Traubenzucker löst das Kupferoxydhydrat zu einer blauen Flüssigkeit. Wird ferner Traubenzucker mit Kalilauge erwärmt, so färbt sich die Lösung gelbbraun und es bilden sich Zersetzungsproducte des Zuckers. Diese letzteren wirken aber ausserdem reducirend auf gelöstes Kupferoxydhydrat und verwandeln dasselbe in unlösliches gelbrothes Kupferoxydul. Erhitzt man daher eine Lösung von Kupfervitriol mit Kalilauge und etwas Traubenzucker, so zeigt sich ein rother Niederschlag von Kupferoxydul oder bei geringen und fein suspendirten Mengen eine Gelb- bis Rothfärbung der Flüssigkeit. Dabei muss aber ein richtiges Verhältniss zwischen den 3 Reagentien eingehalten werden; ist mehr Kupferoxydhydrat zugegen, als der vorhandene Zucker zu lösen vermag, so bleibt ein theilweiser blauer Niederschlag nach dem Kalizusatz bestehen, der beim Kochen schwarz wird und andere Fär-

bungen verdeckt; ist wenig Kupfer und viel Zucker zugegen, so wird der letztere beim Erhitzen mit dem Alkali eine dunkele Färbung erleiden, welche die Reductionsfarbe des Kupfers verdecken kann; ist endlich zu wenig Kalilauge vorhanden, so tritt entweder nicht volle Zerlegung des Kupfers ein oder aber die zur Reduction des Kupfers nothwendigen Zersetzungsproducte des Zuckers werden nicht gebildet; ein Ueberschuss von Natronlauge schadet dagegen nichts. — Demnach ist die Reaction, wenn kleine Zuckermengen mit Sicherheit erkannt werden sollen, in der Weise anzustellen, dass nur genau so viel Kupfer zugesetzt wird, als der vorhandene Zucker zu lösen vermag. Die zu untersuchende Lösung wird zunächst im Reagensglas mit einer reichlichen Menge Natronlauge versetzt; dann fügt man von einer sehr verdünnten Kupfervitriollösung so lange tropfenweis zu, als noch der anfänglich entstehende Niederschlag von Kupferoxydhydrat gelöst wird. Sodann kocht man; eine Gelbfärbung resp. Trübung der Flüssigkeit durch einen gelbrothen Niederschlag zeigt Zucker an.

Böttger's Probe.

Die Böttger'sche Probe: Man setzt zu der Zuckerlösung etwas alkalische Wismuthlösung (5 gr basisch-salpetersaures Wismuthoxyd und 5 gr Weinsäure mit 30 cc destillirtem Wasser übergossen und concentrirte Natronlauge zugesetzt, bis alles klar gelöst ist) und kocht einige Minuten; eine braune Färbung der Flüssigkeit und schliesslich eine Abscheidung von schwarzem Wismuthpulver zeigt Zucker an. — Eine Verwechslung kann leicht dadurch entstehen, dass schwarzes Schwefelwismuth gebildet wird, sobald schwefelhaftige Substanzen zugegen sind; auch Eiweisskörper sind im Stande, diese Färbung zu geben. Bei Gegenwart solcher Körper ist dann entweder nach Brücke's Vorschlag Jodwismuthkalium zu verwenden oder nach Maschke eine mit Essigsäure stark angesäuerte Lösung von wolframsaurem Natrium; beide fällen die Eiweissstoffe und deren Abkömmlinge vollständig.[9] —

Braun's Probe.

Braun's Probe[10]: Traubenzuckerlösung auf 90° erhitzt und mit einigen Tropfen einer Pikrinsäurelösung (1 in 250 Wasser) versetzt, giebt beim Kochen eine tiefrothe Färbung. (Bildung von Pikraminsäure).

Quantitative Methoden.

Für die quantitative Bestimmung des Traubenzuckers sind verschiedene Titrirmethoden in Anwendung gezogen. Gentele[11] benutzte die Reduction und Entfärbung, welche Traubenzucker in einer Lösung von Ferridcyankalium in Kalilauge bewirkt. Stahlschmidt gab einer Lösung von Ferridcyankalium in Barytwasser den Vorzug. Diese Methoden, die grössere Vorsicht bei der Anwendung erheischen, und namentlich in gefärbten Lösungen leicht versagen, haben wenig Aufnahme gefunden. — Von Knapp[12] ist eine Methode angegeben, die befriedigende Resultate liefert und deren Princip darin besteht, dass eine alkalische Lösung von Cyanquecksilber durch Traubenzucker in der Kochhitze vollständig zu metallischem Quecksilber reducirt wird. 40 cc Cyanquecksilberlösung erhitzt man in einer Porcellanschale zum Sieden und lässt die ungefähr halbprocentige Zuckerlösung zufliessen, bis alles Quecksilber ausgefällt ist; dies erkennt man daran, dass ein Tropfen der Flüssigkeit auf Filtrirpapier gebracht, durch Schwefelammoniumdämpfe nicht mehr gebräunt wird. — Sachsse hat später vorgeschlagen, eine Lösung aus 18 grm Quecksilberjodid und 25 gr Jodkalium zu bereiten, die mit 80 gr in Wasser gelöstem Aetzkali zum Liter verdünnt wird; nach Heinrich[14] sollen nur 10 gr Aetz-

Methode von Knapp.

Modification von Sachsse.

kali verwandt werden. Wie oben werden 40 cc der Lösung in einer Schale zum Sieden erhitzt und man lässt die Zuckerlösung aus einer Bürette zufliessen. Als Indicator benutzt man aber eine alkalische Lösung von Zinnoxydul; werden von dieser einige Tropfen mit etwas Quecksilberlösung versetzt, so entsteht ein brauner Niederschlag, so lange noch die geringsten Spuren Quecksilber zugegen sind. — Vgl. ferner Hager's gewichtsanalytische Methode.

Die gebräuchlichste Methode zur quantitativen Zuckerbestimmung beruht auf der Anwendung der Fehling'schen Lösung. Dieselbe ist eine alkalische Kupferlösung, Kupfervitriol und Natronlauge gemischt und mit einem Salze versetzt, welches gerade wie Traubenzucker die Fähigkeit hat, Kupferoxydhydrat zu lösen. Ein solches Salz ist z. B. neutrales weinsaures Kali oder auch das sogenannte Seignettesalz (weinsaures Natron-Kali). Aus einer alkalischen Kupferlösung scheidet Traubenzucker beim Erwärmen alles Kupfer als rothes Kupferoxydul aus; setzt man daher zu einer bestimmten Menge Fehling'scher Lösung von bekannter Concentration soviel von der zu untersuchenden Zuckerlösung, bis alles Kupfer reducirt und dadurch die blaue Farbe der Flüssigkeit verschwunden ist, so ergiebt sich aus dem Verbrauch an Zuckerlösung der Gehalt derselben. Methode von Fehling. Princip.

Bereitung der Lösungen: 34,639 gr reiner krystallisirter, nicht verwitterter, zwischen Fliesspapier getrockneter Kupfervitriol werden in etwa 200 cc Wasser gelöst; ferner löst man 173 gr reines Seignettesalz in 480 cc Natronlauge von 1,14 specifischem Gewicht; darauf giesst man die letztere Lösung zur ersteren und füllt zum Liter auf; 10 cc werden sodann genau durch 0,05 grms Traubenzucker reducirt. Die Lösung muss im Dunkeln aufbewahrt und jedesmal vor dem Gebrauch geprüft werden, ob sie beim Erhitzen zum Sieden klar bleibt. — Wegen der leichten Zersetzlichkeit derselben hat Gräger[15] vorgeschlagen, die Lösung von Kupfervitriol und die von Seignettesalz + Aetznatron nicht zusammenzugiessen, sondern getrennt aufzubewahren und erst bei jedem Versuch abgemessene Theile derselben zu mischen. Schmidt legt ein anderes Kupferpräparat zu Grunde, lässt aber jedes der drei Reagentien gesondert. — Am zweckmässigsten hält man die Verhältnisse der Fehling'schen Lösungen ein, lässt aber alle drei Lösungen, jede zum Liter aufgefüllt, gesondert und mischt zum Versuch je 10 cc einer jeden Lösung zusammen. In dem Falle ist immer nur die Seignettesalzlösung, in der sich leicht Schimmelvegetationen bilden, von Zeit zu Zeit zu erneuern, während die beiden anderen Lösungen sich ganz unverändert erhalten. — Als erheblich constanteres und leichter zu bereitendes Reagens hat Loewe.[16] eine Lösung von Glycerin-Kupferoxyd-Natron empfohlen, die durch Mischen von 16 gr in 64 gr Wasser gelöstem Kupfervitriol, 80 cc Natronlauge von 1,34 specifischem Gewicht, und 6—8 gr reinem Glycerin hergestellt ist, und bei der das Glycerin an Stelle des Seignettesalzes das Kupferoxydhydrat auflöst. Bereitung der Lösungen. Kupferlösung. Getrennte Aufbewahrung der 3 Lösungen.

Reinen Traubenzucker zur Einstellung der Kupferlösung stellt man dadurch her, dass man krystallisirten Traubenzucker zu wiederholten Malen mit absolutem Alkohol digerirt und schliesslich mit 98—99-procentigem Alkohol längere Zeit kocht. Die beim Erkalten ausgeschiedenen Krystalle werden mit absolutem Alkohol gewaschen, abgepresst und getrocknet. — Oder nach Neubauer dadurch, dass man 5—600 cc Alkohol von 80% mit 30—40 cc rauchender Salzsäure versetzt und dann Bereitung reinen Traubenzuckers.

fein gepulverten weissen Rohrzucker allmählich einträgt. Bei beginnender Ausscheidung des gebildeten Traubenzuckers giesst man ab, und überlässt die Flüssigkeit in verschlossenem Glase der Krystallisation; die Krystalle wäscht man mit Weingeist, trocknet sie und krystallisirt aus kochendem absolutem Alkohol (nach Soxhlet aus Methyl-Alkohol) um.[17]

Ausführung: a) Titrirung einer abgemessenen Menge der Kupferlösung.

Die Ausführung des Versuchs erfolgt in der Weise, dass man die zu untersuchende Lösung, welche man je nach dem Resultat der qualitativen Prüfung mehr oder weniger verdünnt hat, in eine Bürette einfüllt. Dann misst man 10 cc von jeder der 3 beschriebenen Lösungen ab und erhitzt die Mischung in einer kleinen Porcellanschale zum Sieden; während des ganzen Versuchs ist die Flüssigkeit dann ununterbrochen im Kochen zu erhalten und das verdampfte Wasser von Zeit zu Zeit wieder zu ersetzen. Die Bürette verschliesst man zweckmässig mit einem stellbaren Quetschhahn; man öffnet denselben, wenn die Kupferlösung im Sieden ist, so weit, dass nur Tropfen für Tropfen der zuckerhaltigen Lösung in die Schale einfällt; setzt man zu rasch und ungleichmässig zu, so wird die Ausscheidung des Kupferoxyduls so feinkörnig, dass kein Absetzen des Niederschlags erfolgt, und die trübe Flüssigkeit das Ende der Reaction nicht erkennen lässt. Nach einiger Zeit, wenn die blaue Farbe der Lösung zu schwinden anfängt, geht man mit dem Zusatz der Zuckerlösung noch vorsichtiger zu Werke und hört auf, sobald kein blauer Schimmer der Kupferlösung wahrzunehmen ist, auch wenn man die Schale neigt und bei guter Beleuchtung durch eine dickere Flüssigkeitsschicht gegen die weisse Wand der Schale hindurchsieht. — Die bis dahin verbrauchte Substanzmenge enthält sodann 50 Milligramm Traubenzucker. — Um sich der Endreaction zu vergewissern, kann man eine Portion der Flüssigkeit filtriren und das Filtrat einerseits auf Zucker, andererseits auf Kupfer (mit Ferrocyankalium) qualitativ prüfen. — Da das Reductionsvermögen der Zuckerarten gegenüber alkalischer Kupferlösung nicht durch ein bestimmtes Aequivalentverhältniss ausgedrückt werden kann, und ein Gewichtstheil Zucker ganz verschiedene Mengen Kupferoxyd reducirt je nach der Concentration der Kupferlösung, so ist die bei der Titerstellung angewendete Concentration auch bei jeder einzelnen Untersuchung möglichst einzuhalten.[18] — Bei gefärbten zuckerhaltigen Lösungen, ferner bei Anwesenheit einer Reihe von Substanzen, die die Abscheidung des Kupfers verhindern, ist die Endreaction nicht zu erkennen und daher die Methode nicht anwendbar.

b) Bestimmung des aus der überschüssig zugesetzten Kupferlösung reducirten Kupfers.

Für solche Fälle hat man als Modification des Verfahrens vorgeschlagen, die Kupferlösung in überschüssiger Menge anzuwenden, das reducirte Kupfer abzufiltriren, dessen Quantität auf anderem Wege zu bestimmen und daraus die Zuckermenge zu berechnen.

So schlug Brunner[19] vor, das ausgeschiedene Kupferoxydul mit reinem Eisen-

-hlorid zu lösen und das gebildete Eisenchlorür durch Titrirung mit saurem chrom-saurem Kali zu bestimmen; KRAUS[20] löste das abfiltrirte Kupferoxydul in Salpetersäure, übersättigte mit Ammoniak und titrirte mit Cyankalium. MOHR[21] empfahl die Oxydation des abfiltrirten Kupferoxyduls mittelst sauren schwefelsauren Eisenoxyds; das gebildete Eisenoxydul wurde mit Chamäleon titrirt. WEIL[22] nimmt eine bekannte überschüssige Menge Kupferlösung, lässt einen gemessenen Theil Zuckerlösung darauf einwirken, filtrirt und bestimmt nun im Filtrat den nicht zu Oxydul reducirten Antheil Kupfer durch Zinnchlorür in salzsaurer Lösung. Volumetrisches Verfahren.

Am zweckmässigsten bestimmt man das Oxydul gewichtsanalytisch; doch wird während des Abfiltrirens etc. leicht ein Theil wieder in Oxyd verwandelt; es ist daher nöthig, bei möglichstem Abschluss der Luft nur mit siedendem Wasser auszuwaschen, dann Filter und Niederschlag im Platintiegel zu verbrennen und mit Salpetersäure zu glühen, und als Kupferoxyd zu wägen; oder den Niederschlag mittelst des ROSE'schen Deckels im Wasserstoffstrome bei lebhafter Rothgluth zu reduciren. SOXHLET sammelt das Oxydul in Asbest-Filtrirröhren, wäscht den Niederschlag mit Alkohol und Aether aus, reducirt das Oxydul in den Röhren mit Wasserstoff zu Kupfer und wägt dieses. Gewichtsanalytisches Verfahren.

Die unter Einhaltung aller dieser Vorsichtsmassregeln gewonnene Kupfermenge giebt sehr genau die Menge des Traubenzuckers an; doch ist die dem Kupfer aequivalente Zuckermenge lediglich empirisch zu ermitteln. MÄRCKER giebt zu diesem Zwecke eine Reihe von analytisch gefundenen Werthen, die leicht durch Interpolation ergänzt werden können.[23] — Keine der genannten, auf einem Ueberschuss der Kupferlösung basirenden Methoden ist leicht und ohne Uebung in Laboratoriumsarbeiten ausführbar. Leistungsfähigkeit der Methode.

Neuerdings ist noch der Vorschlag gemacht, die FEHLING'sche Lösung mit Ammoniak zu versetzen, um die Unsicherheit in der Erkennung des Endpunkts zu vermeiden. Es entsteht nach dem Ammoniakzusatz keine Ausscheidung von Kupferoxydul, sondern dieses bleibt gelöst und die Flüssigkeit wird mit beendigter Reduction des Kupferoxyds farblos. Die Titrirung muss unter Luftabschluss erfolgen, da sonst die Oxydullösung rasch Sauerstoff aufnimmt; PAVY bedient sich daher zur Ausführung eines Kölbchens mit doppelt durchbohrtem Kork, durch dessen eine Bohrung die Spitze der Bürette gesteckt wird. Ausserdem muss ein bestimmter Natrongehalt der Lösung eingehalten werden. Man geht zweckmässig von einer FEHLING'schen Lösung aus, die zwischen 120 und 150 grms Natriumhydrat im Liter enthält; von dieser werden 130 cc mit 300 cc Ammoniak (von 0,880 specifisches Gewicht) vermischt und mit Wasser zum Liter verdünnt; die Lösung entspricht dann genau einer zehnfach verdünnten, gewöhnlichen FEHLING'schen Lösung (HEHNER).[24] Pavy's Modification der Fehling'schen Lösung.

Ausser den chemischen Methoden ist seit den letzten Jahrzehnten eine physikalische Methode der Zuckerbestimmung mehr und mehr in Aufnahme gekommen, die auf der Eigenschaft des Traubenzuckers, die Polarisationsebene des Lichts nach rechts zu drehen, beruhen. Das BIOT'sche Gesetz, nach welchem die Drehung der Polarisationsebene, welche eine active Substanz in einem inactiven Lösungsmittel hervorbringt, der Dicke der Schicht und der Menge der gelösten Substanz proportional Zucker-Bestimmung durch Circumpolarisation.

ist, macht es möglich, aus der beobachteten Drehung der Polarisationsebene den Gehalt der Lösung an drehender Substanz abzuleiten, sobald man das specifische Drehungsvermögen der Substanz kennt. — Die Construction der Circumpolarisationsapparate muss aus der Physik als bekannt vorausgesetzt werden; im Folgenden sollen nur einige für den praktischen Gebrauch derselben wichtige Notizen gegeben werden.[25]

Polarisationsapparate.

Verschiedenheiten der Einstellungs-Kennzeichen.

Alle derartigen Apparate sind auf zwei hinter einander befestigte NICOL'sche Prismen basirt, deren eines um die Sehaxe drehbar ist; ausserdem ist bei den WILD'schen Instrumenten ein SAVART'sches Polariskop, bei den SOLEIL'schen Saccharimetern Platten aus links- und rechtsdrehendem Quarz eingeschaltet. Eine erhebliche Differenz zeigen die verschiedenen Constructionen in Bezug auf die Kennzeichen der Einstellung. Bei den ursprünglichen Saccharimetern wandte man eine Natriumflamme an und stellte die Nicols so, dass das Gesichtsfeld dunkel erschien; wenn dann die Röhre mit Zuckerlösung zwischen dieselben gebracht war, drehte man den zweiten Nicol so weit, bis das Gesichtsfeld wieder dunkel war. Als Kennzeichen der erreichten Einstellung diente somit die grösste Dunkelheit des Gesichtsfeldes. Statt dieses unsicheren Endpunktes ist in den SOLEIL'schen Apparaten und deren vielfachen Modificationen ein anderes Kennzeichen gewählt, das durch die Einschaltung der Quarzplatten ermöglicht ist, deren eine Hälfte aus einem rechtsdrehenden, deren andere aus einem linksdrehenden Quarze geschnitten ist. Beide Hälften der Platten sind bei parallelen oder gekreuzten Polarisationsebenen gleich gefärbt und zwar bei gekreuzten Polarisationsebenen mit der sogenannten empfindlichen Farbe, einem röthlichen Violett; dreht man die zweite Polarisationsebene nur ein wenig nach rechts, so wird die rechte Hälfte sofort roth, die linke blau gefärbt; denselben Effect wie die Drehung des zweiten Prismas hat nun auch eine Drehung der Polarisationsebene durch eine eingeschaltete Flüssigkeit. — Zur Messung der Drehung dient in den SOLEIL'schen Apparaten eine Quarzplatte von verstellbarer Dicke; durch eine Verschiebung des Durchmessers dieser Platte wird die Drehung der Flüssigkeit compensirt, und das Maass der Verschiebung giebt das Maass des Drehungsvermögens der Flüssigkeit.

Dunkelheit des Gesichtsfeldes.

„Empfindliche Farbe" des Gesichtsfeldes.

In den WILD'schen Apparaten bewirken die eingeschalteten SAVART'schen Kalkspathplatten, dass im Gesichtsfelde nur ein System schmaler paralleler Fransen sich zeigt, die bei Anwendung weissen Lichtes farbig erscheinen und die unter gewissen Bedingungen — wenn der Hauptschnitt des ersten Krystalls mit der Polarisationsebene des ersten Nicols den Winkel 0 oder 90° bildet — verschwinden. Man stellt beim Gebrauch der WILD'schen Apparate zunächst ein im Oculartheile befindliches Fernrohr so ein, dass man die Streifen scharf sieht; das Fernrohr ist mit einem Andreaskreuz-förmigen Fadenkreuz versehen und man stellt so ein, dass die Streifen horizontal laufen und den stumpfen Winkel der Kreuzesarme halbiren. Dann dreht man den ersten Nicol bis die Streifen verschwinden. Bringt man nun die Röhre mit drehender Flüssigkeit zwischen den ersten Nicol und die Platten, so treten die Streifen wieder auf, und man muss den ersten Nicol so weit nach der entgegengesetzten Seite drehen, als die Polarisationsebene durch die drehende Flüssigkeit nach der einen Seite abgelenkt wird, um neuerdings die Streifen verschwinden zu lassen. Aus der Grösse des Winkels, um den man den ersten Nicol hat drehen müssen, ergiebt sich sodann das Drehungsvermögen der zu untersuchenden Lösung.

Streifen des Wild'schen Apparats.

Eine andere Art der Einstellung ist endlich von LAURENT angegeben und in mehreren neueren Apparaten benutzt. Ein doppeltbrechendes drehbares Prisma ist

hier mit einem festen Diaphragma verbunden, welches eine dünne parallel zur Axe geschliffene Quarzplatte enthält, die aber nur die Hälfte des Diaphragmas bedeckt. Hierdurch erreicht man, dass bei einer gewissen Einstellung beide Hälften des Gesichtsfeldes unter sich gleiche Intensität der Beleuchtung zeigen, dass aber bei jeder nun erfolgenden geringen Ablenkung der Polarisationsebene die eine Hälfte des Gesichtsfeldes heller, die andere dunkler wird; man muss alsdann den sogenannten Analysator um einen gewissen Winkel drehen, um wieder Gleichheit der Töne herzustellen, und dieser Winkel giebt dann das Drehungsvermögen der zu untersuchenden Substanz an. Durch Anbringung einer Platte von chromsaurem Kali bewirkt man, dass nur die gelben Strahlen des Brenners in den Apparat eindringen. Die Einstellung erfolgt so, dass man zunächst die Ocularröhre so weit vor- oder zurückschiebt, bis die beiden Hälften des Gesichtsfeldes, von denen zunächst die eine hellgelb, die andere dunkelgelb erscheint, scharf gegen einander abgegrenzt sind. Dann stellt man die Gleichheit des Tones in beiden Hälften her, wobei die Trennungslinie vollständig verschwinden muss; der Apparat ist gut regulirt, wenn beide Seiten des Gesichtsfeldes dunkel graugelb und von ganz gleichem Ton sind. — Halbschattenapparate.

Zu beachten ist, dass die Ablenkung des polarisirten Lichtes durch die Temperatur der Lösungen beeinflusst wird, und dass daher möglichst constante Temperatur (von 17,5°) eingehalten werden muss. — Als Lichtquellen sind bei den Wild'schen und Laurent'schen Apparaten Natriumflammen, bei den übrigen gewöhnliche Gasflammen zu benutzen. Da ferner das Drehungsvermögen sowohl durch die Länge der Flüssigkeitsschicht wie durch die Concentration der Lösung beeinflusst wird, so sind stets Röhren von gleicher Länge anzuwenden, um aus dem Drehungswinkel die Concentration berechnen zu können. Die Lösungen müssen stets durchaus klar und dürfen nur wenig gefärbt sein; bei stärkerer Färbung ist durch Behandeln mit Thierkohle, Fällen mit Bleiessig u. s. w. eine Entfärbung zu versuchen; nur die letzterwähnten Halbschattenapparate lassen eine Untersuchung auch stärker gefärbter Flüssigkeiten zu. Cautelen beim Gebrauch.

Dem Traubenzucker kommt bei verdünnten Lösungen bis zu 14 gr in 100 cc das specifische Drehungsvermögen + 53,0° zu. Werden zur Untersuchung bis zu 14 gr in 100 cc gelöst (im 2-Decimeter-Rohr), so entspricht in den Wild'schen und Laurent'schen Apparaten 1° Drehung = 0,9434 gr Traubenzucker. Bei einem Polariskop nach Ventzke wird durch eine Traubenzuckerlösung von 32,683 gr in 100 cc Lösung eine Drehung von 100° erreicht; jeder Grad zeigt hier also 0,3268 gr Traubenzucker an. Im Soleil'schen Saccharimeter bewirken 20,51 gr Traubenzucker in 100 cc Lösung eine Drehung von 100°; folglich entspricht jeder Grad = 0,205 gr Dextrose. Löst man daher zur Bestimmung mit Ventzke'schen Apparaten 32,68 oder mit Soleil'schen 20,51 gr der zu prüfenden Substanz in 100 cc und untersucht diese im 2 Decimeterrohr, so ersieht man aus der erhaltenen Ablenkung direct die Procente Traubenzucker in der betreffenden Substanzmenge. Hat man aber irgend eine andere Substanzmenge — stets jedoch unter der oben bezeichneten Concentration — zur Untersuchung genommen, so findet man den Procentgehalt an Traubenzucker nach der Gleichung $x = \frac{32,68 . \alpha}{p}$, resp. $\frac{20,51 . \alpha}{p}$, Berechnung der Resultate.

wo α die beobachtete Ablenkung in Graden, P die abgewogene Substanzmenge bedeutet. — Das Verhältniss der verschiedenen Saccharimetergrade zu einander erhellt aus folgender Tabelle:

Vergleich der Saccharimetergrade.

	Soleil	Ventzke	Wild
1 ⁰ Wild =	4,604 ⁰	2,89 ⁰	1 ⁰
1 ⁰ Soleil =	1 ⁰	0,693 ⁰	0,217 ⁰
1 ⁰ Ventzke =	1,593 ⁰	1 ⁰	0,346 ⁰

Die Zuckerbestimmungen mittelst der Saccharimeter sind rasch und leicht ausführbar und hinreichend genau; doch hindert die Kostspieligkeit guter, brauchbarer Polarisationsapparate einigermassen ihre Verbreitung. Die billigeren Instrumente (z. B. von Wasserlein) genügen zwar zu qualitativen Nachweisen, aber nicht zu genauen quantitativen Bestimmungen.

Fehlerquellen.

Am meisten ist die Ermittlung des Traubenzuckers durch das Polariskop dadurch erschwert, dass auch verschiedene andere Körper, die häufig in den Nahrungsmitteln vorkommen, die Polarisationsebene drehen; so Albuminate, ätherische Oele, namentlich aber die anderen Zuckerarten, die weiter unten besprochen werden. In welcher Weise bei Gegenwart derselben eine Bestimmung des Traubenzuckers möglich ist, kann erst erörtert werden, wenn die Methoden zum Nachweis jener Körper vorausgeschickt sind.

b) Laevulose.

Die Laevulose (Fruchtzucker), die vielfach in Früchten, im Most etc. neben dem Traubenzucker vorkommt, theilt alle Reactionen des letzteren; nur dreht die Laevulose die Polarisationsebene stark nach links (— 106⁰). Ausserdem ist die Kalkverbindung der Dextrose löslicher in Wasser als die der Laevulose. — Eine getrennte Bestimmung beider Zuckerarten ist nach Neubauer[26] in der Weise möglich, dass zunächst der Zuckergehalt nach Fehling und das Drehungsvermögen der Substanz bestimmt wird. Man berechnet dann den Drehungswinkel der Substanz, der ihr zukommen müsste, wenn sie ganz aus Laevulose bestände. Die Differenz zwischen dem berechneten und gefundenen Drehungswinkel muss durch Dextrose bedingt sein, und zwar verhält sich die Differenz zwischen den Drehungsconstanten von Laevulose und Dextrose zu der Drehungsconstanten der Dextrose, wie die Differenz zwischen berechnetem und gefundenem Drehungswinkel zu der vorhandenen Dextrosemenge. —

Bestimmung von Laevulose neben Dextrose.

c) Invertzucker.

Invertzucker besteht aus gleichen Theilen Laevulose und Dextrose und giebt deren Reactionen; in den Mosten ist vermuthlich die gleiche Mischung enthalten. Das stärkere Drehungsvermögen der Laevulose lässt Invertzuckerlösungen nach links polarisiren (— 25⁰ bei + 15⁰ Celsius). — Die oben (pag. 332) beschriebene von Sachsse zur Zuckerbestimmung empfohlene Jodquecksilberlösung soll sich gegen Invertzucker und Dextrose verschieden verhalten; 40 cc derselben reduciren 0,15 gr Traubenzucker (nach neueren Versuchen Sachsse's[27] nur 0,1342 grms) dagegen 0,1072 gr Invertzucker. Dadurch wird es möglich, in einem Zuckergemenge Dex-

Bestimmung von Invertzucker neben Dextrose.

trose und Invertzucker getrennt zu bestimmen. Man ermittelt zunächst die Wirkung des Gemenges auf die SACHSSE'sche Lösung, dann auf FEHLING'sche Lösung; aus beiden Versuchen lassen sich dann zwei Gleichungen gewinnen, in welchen die beiden gesuchten Grössen, die Mengen von Traubenzucker und Invertzucker, vorkommen und durch deren Auflösung diese erhalten werden.

d) Rohrzucker.

Reactionen.

Rohrzucker ist löslich in Wasser und wässrigem Alkohol, unlöslich in absolutem Alkohol. Die Reactionen des Traubenzuckers haben zum Theil auch für Rohrzucker Gültigkeit, so dass ein scharfer getrennter Nachweis beider Zuckerarten auf Schwierigkeiten stösst. So reducirt bei stärkerem Kochen auch Rohrzucker kleine Mengen alkalische Kupferlösung.

Differential-Diagnose gegenüber Dextrose.

Zur qualitativen Unterscheidung sind folgende Reactionen empfohlen: Bleiessig und Ammoniak geben mit Zuckerlösungen erwärmt einen weissen Niederschlag, wenn nur Rohrzucker vorhanden ist, während geringe Mengen Traubenzucker den Niederschlag roth färben (SCHMIDT)[28]; Pikrinsäure wird durch Rohrzucker nicht verändert; eine Mischung von concentrirtem Bleiessig mit einer verdünnten Lösung von essigsaurem Kupferoxyd soll nur durch Traubenzucker (und Milchzucker) reducirt werden (CAMPANI)[29]; Rohrzucker längere Zeit mit Zweifach-Chlorkohlenstoff auf nahezu 100° erwärmt, bräunt sich, während Traubenzucker unverändert bleibt (NICKLÈS).

Quantitative Bestimmung.

Der Rohrzucker geht durch verdünnte Säuren (3 gr Rohrzucker mit 400 cc Wasser und 20 Tropfen Salzsäure von 1,11 spec. Gew. binnen 30 Minuten) leicht und vollständig in Invertzucker über. Als solcher ist er dann mit den für diese Zuckerart resp. ihre Componenten charakteristischen Reactionen nachzuweisen. Die quantitative Bestimmung erfolgt einfach nach der Invertirung des Rohrzuckers durch Titriren nach FEHLING's Methode; 1 Theil Dextrose ist gleich 0,95 Theilen Rohrzucker. — Eine vollständige Trennung von präformirtem Traubenzucker oder Invertzucker von dem später invertirten Rohrzucker dadurch, dass man zunächst die unveränderte Substanz und darauf einen anderen Theil derselben noch vorausgegangener Behandlung mit Säure auf die FEHLING'sche Lösung einwirken lässt, ist deshalb nicht genau durchzuführen, weil schon beim directen Erhitzen mit FEHLING'scher Lösung ein Theil des Rohrzuckers zur reducirenden Wirkung gelangt. — Die SACHSSE'sche Jodquecksilberlösung soll dagegen in der Modification von HEINRICH gar nicht durch Rohrzucker beeinflusst werden und würde also zur quantitativen Trennung von Rohrzucker und Traubenzucker brauchbar sein.

Bestimmung des Rohrzuckers neben Dextrose.

Bestimmung durch Saccharimeter.

Die Polarisationsebene dreht der Rohrzucker nach rechts (+ 66,417°). — Im WILD'schen Saccharimeter bewirken 40 gr Rohrzucker in 100 cc bei einer 2 Decimeterröhre die maximale Ablenkung von 400 Graden; 1° zeigt daher 1 gr Zucker in 1 Liter Lösung an. Gewöhnlich nimmt man nur 20 gr Substanz; die abgelesenen Grade sind dann mit 2 zu dividiren, um den Zuckergehalt in Procenten zu finden. — Beim SOLEIL-VENTZKE'-

schen Apparat geben 26,048 gr Rohrzucker in 100 cc Lösung im 2-Decimeterrohr eine Drehung von 100°; jeder Grad entspricht also 0,2605 gr Zucker und wenn man 26,048 gr zur Untersuchung zieht, giebt die abgelesene Ablenkung in Graden sofort den Procentgehalt an Zucker an. Bei den SOLEIL-DUBOSCQ'schen Apparaten geben 16,35 gr Rohrzucker 100° Drehung; 1° ist also = 0,1635 gr Zucker; und bei 16,35 gr Substanz giebt die Ablenkung direct die Zuckerprocente an.

Die quantitative Bestimmung des Rohrzuckers durch Circumpolarisation ist natürlich ebenfalls nur möglich, wenn ausser demselben keine anderen links- oder rechtsdrehenden Substanzen vorhanden sind; dies ist allerdings meistens der Fall und daher die Methode häufig nicht anwendbar.

Bestimmung des Rohrzuckers neben Dextrose im Polarisationsapparat.

Ist nur Traubenzucker oder Invertzucker neben Rohrzucker als drehende Substanz in Betracht zu ziehen, so ist eine Bestimmung des Rohrzuckers dadurch möglich, dass man zuerst die unveränderte Substanz auf ihr Drehungsvermögen prüft, dann den Rohrzucker invertirt, und darauf wieder die Ablenkung bestimmt; durch den Vergleich mit der bekannten Aenderung der Ablenkung, welche eine bestimmte Menge Rohrzucker durch Invertiren erleidet, sind die Rohrzuckerprocente zu entnehmen. (Am SOLEIL-DUBOSCQ'schen Saccharimeter geben z. B. 16,35 gr Rohrzucker + 100°, nach der Inversion — 44, folglich im Ganzen eine Drehungsänderung von 144°; die Summe der beiden Ablesungen, die man vor und nach der Invertirung durch die zu untersuchende Substanz erhalten hat, multiplicirt mit 100 und dividirt durch 144 giebt daher die Rohrzuckerprocente.)[31] — Ferner kann die Trennung der Zuckerarten durch Combinirung der chemischen und optischen Methoden versucht werden.[32]

e) Milchzucker.

Milchzucker ($C_{12}H_{24}O_{12}$) zeichnet sich durch seine geringere Löslichkeit in Wasser aus; im übrigen sind seine Reactionen fast völlig übereinstimmend mit denen des Traubenzuckers. Alkalische Kupferlösung reducirt derselbe ebenfalls, aber langsamer als Dextrose.

Quantitative Bestimmung.

Zur quantitativen Bestimmung bedient man sich der Titrirmethode mit FEHLING'scher Lösung; 10 cc derselben erfordern zur Reduction 0,067 gr Milchzucker. Die oben (pag. 334) gegebenen Vorschriften, sowie die Modificationen der Methode, die auf einem Ueberschuss der Kupferlösung und nachfolgender Bestimmung des Kupferoxyduls basiren, gelten auch für die Milchzuckeranalyse. Betreffs einiger Fehler der Milchzuckertitrirung s. unter „Milch."

Die Polarisationsebene dreht der Milchzucker nach rechts (+ 50,2°). Derselbe kann daher auch mittelst Polarimeter bestimmt werden, wenn keine anderen drehenden Substanzen zugegen sind.

f) Dextrin.

Dextrin ($C_6H_{10}O_5$) tritt als Zwischenproduct bei der Umwandlung der Stärke in Zucker auf. Es ist in Wasser löslich, in Alkohol aber unlöslich. Alkalische Kupferlösung wird durch Dextrin (wenigstens bei gewöhnlicher Temperatur und bei geringen Dextrinmengen) nicht reducirt. Durch Erwärmen mit verdünnter Schwefelsäure geht es in Traubenzucker über. Die Polarisationsebene dreht das Dextrin stark nach rechts.

Um das Dextrin von den Zuckerarten zu trennen, stellt man zunächst einen wässrigen Extract der Substanz her; dieser wird zur Trockene verdampft und mit

80—85 procentigem Alkohol behandelt; Dextrin (und Gummi etc.) bleibt zurück, Rohr- und Traubenzucker werden gelöst. — Um Dextrin und Rohrzucker zu trennen, kann man beide mit verdünnter Schwefelsäure behandeln, ersteres in Dextrose, letzteren in Invertzucker verwandeln und dann beide trennen nach dem von Sachsse vorgeschlagenen Verfahren (pag. 338). Um Traubenzucker neben Dextrin zu erkennen, eignet sich nach Barfoed[33] am besten eine Auflösung von neutralem essigsaurem Kupferoxyd, welche bei gewöhnlicher Temperatur von Traubenzucker reducirt wird, aber nicht von Dextrin; dieselbe Lösung mit etwas freier Essigsäure gekocht, giebt ebenfalls nur mit Traubenzuckerspuren Reduction. Bestimmung des Dextrins neben Zucker.

Zur vollständigen Ueberführung des Dextrins in Traubenzucker ist ein etwa sechsstündiges Erhitzen im zugeschmolzenen Rohr bei 108—110° erforderlich.

Stärkemehl ($C_6H_{10}O_5$) wird qualitativ nachgewiesen durch Jod (in alkoholischer oder Jodkaliumlösung), welches tiefblaue Färbung hervorruft. Höhere Temperatur, gewisse Metallsalze und viele organische Körper hindern oder beeinträchtigen die Reaction. Nur ein Theil der Stärke, die Granulose, wird blau gefärbt, die sog. Stärkecellulose zeigt nur rothgelbe Färbung und bläut sich erst auf Zusatz von Schwefelsäure und Jod. g) Stärkemehl. Qualitative Reactionen.

Die quantitative Stärkebestimmung stützt sich entweder auf die Unlöslichkeit derselben im Wasser; alsdann wird die Substanz mit Wasser behandelt, dadurch von Dextrin und Zuckerarten befreit, und die zurückbleibende Stärke wird in Traubenzucker oder durch Diastase in Maltose (s. unten) übergeführt und als solche bestimmt. Oder eine Portion der Substanz wird zunächst im Ganzen invertirt und so die den gesammten Kohlehydraten entsprechende Zuckermenge ermittelt; und dann werden die in einer anderen Portion für sich bestimmten löslichen Kohlehydrate in Abzug gebracht. In jedem Falle ist eine vollständige Umwandlung der Stärke in Traubenzucker erforderlich. Diese geschieht, indem man 1—1,2 gr Stärke mit 40 cc schwefelsäurehaltigem Wasser (3—3,5 cc verdünnte Schwefelsäure von 1,16 specifischem Gewicht zum Liter verdünnt) 8 Stunden lang im zugeschmolzenen Rohr im Paraffinbad bei 140—145° erwärmt.[34] Oder man kocht einige Zeit die Substanz, digerirt dann mit sehr wenig SO_4H_2 bei 60—70°, um das Stärkemehl in die lösliche Modifikation überzuführen; dann filtrirt man, füllt das Filtrat auf ein bestimmtes Volum auf, versetzt 10 cc mit 1,5 cc einer Schwefelsäure, die 160 gr SO_4H_2 im Liter enthält, und erhitzt im zugeschmolzenen Glasrohr genau bei 110° 6—7 Stunden lang im Oelbad.[35] Quantitative Bestimmung. Methoden zur vollständigen Umwandlung in Zucker.

Nach Sachsse[36] genügt es, 2,5—3 gr trockene Stärke im Kolben mit 200 cc Wasser und 20 cc Salzsäure 3 Stunden lang mit Rückflusskühler in lebhaft kochendem Wasserbade zu erhitzen. — Dragendorff[37] hat früher vorgeschlagen, die zu untersuchende Substanz zunächst mit alkoholischer Kalilösung bei 100° zu digeriren, dann zu filtriren und auszuwaschen; das Amylum bleibt dann in so lockerem, aufgequollenem Zustande zurück, dass dasselbe nun sehr rasch, und ohne dass die Cellulose alterirt wird, durch Kochen mit verdünnter Salzsäure oder Digeriren mit Diastaslösung bei 56° in Traubenzucker verwandelt wird. —

Für alle genaueren Bestimmungen scheinen die auf höhere Hitzegrade basirten Methoden unerlässlich zu sein. — Nach vollständiger Ueberführung des Stärkemehls in Zucker neutralisirt man mit kohlensaurem Baryt oder Blei, dampft zur Trockene, nimmt den Rückstand mit 90 procentigem Alkohol auf, verdampft letzteren und benutzt die wässrige Lösung zur Titrirung nach FEHLING. — 1 Theil Traubenzucker entspricht 0,90 Theile Stärkemehl. —

h) Cellulose.

Qualitative Reactionen.

Cellulose ($C_6H_{10}O_5$). Unlöslich in Wasser, Alkohol, Aether; in reinem Zustande löslich in Kupferoxydammoniak (SCHWEITZER's Reagens; Kupfervitriol mit Salmiak und Natronlauge versetzt, der gereinigte Niederschlag in überschüssiges Ammoniak eingetragen, bis sich nichts mehr löst); zur Lösung und eventuell quantitativen Bestimmung der in Pflanzen vorkommenden Cellulose ist das Reagens jedoch nicht geeignet. — Ferner wird reine Cellulose durch Schwefelsäure (1:4) aufgelöst und in Dextrin und Zucker verwandelt. —

Quantitative Bestimmung nach Henneberg;

Als qualitatives Reagens kann man Jod anwenden, welches Cellulose gelb oder braun, bei Gegenwart von Jodzink, Jodkalium, Schwefelsäure und Phosphorsäure aber blau färbt (am besten Chlorzink-Jodlösung, durch Auflösen von 6 Theilen Jodkalium und einer möglichst grossen Menge Jod in 100 Theilen Chlorzinklösung von 1,8 specifischen Gewicht bereitet). Eine befriedigende quantitative Bestimmung ist noch nicht möglich, im hygienischen Interesse auch selten erforderlich. Das Princip der gebräuchlichen Methoden ist kurz folgendes: a) Entweder entfernt man durch Digeriren mit Diastase (zur Umwandlung der Stärke) und durch Behandeln mit Wasser, Alkohol und Aether alle übrigen Bestandtheile und führt dieselben fort; der Rückstand enthält jedoch ausser Cellulose noch Proteinsubstanzen, Salze etc. Man behandelt daher denselben nachträglich noch mit verdünnter Salpetersäure und chlorsaurem Kali, erhält aber auch dann noch nicht reine Cellulose. b) nach

nach Holdefleiss.

HOLDEFLEISS wird die Substanz in einem birnförmigen, mit Asbestpfropfen versehenen Glasgefäss mit 200 cc kochendem Wasser und 50 cc einer 5 procentigen SO_4H_2 übergossen; in das gegen Wärmeverlust geschützte Gefäss wird dann Dampf von kochendem Wasser eingeleitet, der die Flüssigkeit in wirbelnder Bewegung hält; nach einer halben Stunde wird die Flüssigkeit abgesaugt; man wäscht 2 mal mit heissem Wasser nach, kocht dann die Masse mit Kalilauge (von gleicher Concentration wie die Schwefelsäure) in derselben Weise aus und wäscht wiederum 2 mal nach; nachdem schliesslich mit Alkohol und Aether behandelt ist, bleibt Cellulose + Asche zurück; letztere wird durch Glühen bestimmt und in Abzug gebracht. —

Seltenere Kohlehydrate.

Von seltener vorkommenden Kohlenhydraten seien noch erwähnt: das der Stärke ähnliche Inulin; das in Wasser lösliche, in Alkohol unlösliche Gummi, das weder durch Jod, noch durch Jod und Schwefelsäure blau gefärbt wird; die Synarthrose oder Laevulin, durch Kochen mit verdünnten Säuren aus dem Inulin entstehend und weiter in einen $-52{,}7^0$ nach links drehenden Zucker übergehend; die Maltose, durch Einwirkung von Diastase auf Stärkemehl gebildet; reducirt Kupferlösung (100 Theile Maltose = 66 Theile Dextrose); Drehungsvermögen $+149{,}5^0$.[38]

5. Bestimmung der Asche.

5) Bestimmung der Asche.

Die gepulverte und getrocknete Substanz ist in einer Platinschale bei ganz kleiner Flamme — am besten über einem Gasofen mit Schlangenbrenner — langsam (innerhalb 12 bis 24 Stunden) zu verkohlen. Erst wenn die Entwickelung von Gasen vollständig aufgehört hat, ist die Hitze

allmählig zu steigern, jedoch auch nur zur schwachen Rothgluth. Bei manchen vegetabilischen Substanzen erzielt man auf diese einfache Weise eine hinreichend weisse Asche; sind jedoch schmelzende Salze, namentlich phosphorsaure Alkalien, zugegen, so bleibt nach einiger Zeit die Kohle unverändert; man darf alsdann nicht etwa stärkere Hitze anwenden, sondern muss die Kohle mit heissem Wasser auslaugen und die zurückbleibende Masse wiederum schwach glühen; die vereinigten Filtrate hat man sodann zur Trockene zu verdampfen, und den Rückstand schwach zu glühen. — Häufig ist es von Vortheil, die verkohlte Substanz mit einer kalt gesättigten wässrigen Lösung von Aetzbaryt anzufeuchten, zu trocknen und dann bei anfangender Rothgluth zu verbrennen. Da sich sehr leicht Verluste von Chlor einstellen, muss der Asche, in der die Chlorbestimmung erfolgen soll, entweder von vornherein Aetzbaryt (auf 50 gr Substanz 5 gr $Ba(OH)_2$) oder kohlensaures Natron (auf 50 gr Substanz 2,5 gr) zugesetzt und die Hitze muss möglichst niedrig gehalten werden.[39] Cautelen bei der Veraschung.

Im hygienischen Interesse ist häufiger die Bestimmung des Eisens, des Kalks, der Magnesia, der Phosphorsäure, des Chlors, der Schwefelsäure und der Alkalien erforderlich. Die hierzu nothwendigen Methoden finden sich in den Anleitungen zur chemischen Analyse. In kurzen Zügen ist der Gang des einzuschlagenden Verfahrens folgender: Eisen, Kalk, Magnesia, Phosphorsäure werden in einer Portion von 5 bis 10 gr Substanz bestimmt. Die Asche wird in Salzsäure gelöst, durch essigsaures Ammoniak das Eisen als phosphorsaures Eisen gefällt; im Filtrat wird der Rest der Phosphorsäure mit Eisenchlorid gefällt; dann wird das eingeengte Filtrat mit Ammoniak und oxalsaurem Ammoniak versetzt zur Ausfällung des Kalks; im eingedampften Filtrat werden die Ammonsalze abgeraucht, der Rückstand in Salzsäure gelöst und die Magnesia durch Ammoniak und phosphorsaures Natron gefällt. — In einer zweiten Portion von etwa 5 gr Substanz werden die Alkalien ungefähr nach den im Abschnitt „Wasser“ gegebenen Vorschriften bestimmt (pag. 294). — Eine dritte mit grosser Vorsicht veraschte Portion dient zur Bestimmung von Chlor und Schwefelsäure. Man extrahirt die unter Zusatz von kohlensaurem Natron hergestellte Asche mit salpetersäurehaltigem Wasser, fällt zuerst mit salpetersaurem Silber und dann, nach Abscheidung des überschüssigen Silbers mit Chlorbarium, oder theilt das gemessene Filtrat und fällt in der einen Hälfte das Chlor, in der anderen die Schwefelsäure. —

Analyse der Asche.

Bestimmung des Eisens, der Phosphorsäure, der Erden;

der Alkalien;

des Chlors und der Schwefelsäure.

6. Uebersicht des Ganges der Analyse.

Von der durch Trocknen, Pulvern und inniges Mischen vorbereiteten (pag. 323), lufttrockenen Substanz werden zweckmässig hinter einander folgende Portionen in kleine gewogene Bechergläser abgewogen: 1) 2 Portionen von 3—5 gr zur Trockenbestimmung. 2) 2 Portionen von 0,3—1,0 gr (je nach dem zu erwartenden Stickstoffgehalt) zur Stickstoffbestimmung mit Natronkalk. 3) 2 Portionen von 3—6 gr zur Fettbestimmung durch Extraction mit Aether. 4) Zweimal 5—10 gr zur Bestimmung der Fettsäuren (pag. 330). 5) Zur Bestimmung der Kohlehydrate wägt man 2 Portionen

Abwägung der Substanz zur vollständigen Analyse.

von je 10 gr und 2 Portionen von je 1—3 gr ab. Die ersteren dienen zur Bestimmung der löslichen Kohlehydrate; in den zweiten wird die Stärke invertirt und bestimmt. Kommt es auf genaue Trennung der Zuckerstoffe nicht an, so kann man in der Hälfte des wässrigen Extracts von je 10 gr direct den Traubenzucker nach Fehling bestimmen, die andere Hälfte invertiren und dann Dextrin und Rohrzucker durch eine zweite Titrirung ermitteln. Ist eine schärfere Trennung indicirt, so wird die Substanz mit Wasser gekocht, auf ein bestimmtes Volumen gebracht, ein aliquoter Theil filtrirt, rasch zur Trockene verdampft und mit 80—85 procentigem Weingeist extrahirt; der Rückstand enthält Dextrin, Gummi etc.; man führt dieselben in Zucker über und bestimmt sie durch Titrirung. Das Filtrat dampft man zur Trockene, nimmt in Wasser auf, füllt zum abgemessenen Volumen auf und bestimmt in einem aliquoten Theil den Traubenzucker direct, in einem anderen Theil die gesammten Zuckerstoffe nach dem Erwärmen mit Schwefelsäure, durch Titriren mit Fehling'scher Lösung. — Das Nähere siehe pag. 334 und 341. — Je nach der Zusammensetzung der Substanz aus verschiedenen Zuckerarten ist ferner eine Zuckerbestimmung durch Circumpolarisation möglich nach pag. 340 und pag. 338. 6) Zur Cellulosebestimmung werden 5—15 gr Substanz zweimal abgewogen und nach pag. 342 behandelt. 7) Die folgenden Portionen dienen zur Aschenanalyse: 2 zu 2—3 gr zur Ermittlung des Gesammtgehalts an mineralischen Substanzen; 5—10 gr zur Bestimmung der Erden und der Phosphorsäure; circa 5 gr zur Alkalien- und 10 gr zur Chlor- und Schwefelsäure-Bestimmung. — Auch hier sind stets doppelte Portionen abzuwägen, um jedesmal 2 einander controlirende Analysen ausführen zu können. — Bei Flüssigkeiten kann das Abmessen bestimmter Volumina meistens die Wägungen ersetzen; (vgl. jedoch pag. 370) häufig muss eine Verdünnung derselben dem Abmessen vorausgehen. — Abweichungen von diesem ganz allgemein gehaltenen Schema sind bei der Analyse der einzelnen Nahrungsmittel berücksichtigt. —

Eine Zusammenstellung der durchschnittlichen, das Mittel zahlreicher Analysen repräsentirenden Zusammensetzung der wichtigsten Nahrungsmittel findet sich in Tabelle 13.[40]

Literatur. 1) Nowak, Sitz. Ber. d. Kais. Ak. d. Wiss. in Wien, 1871. 153. — Nowak und Seegen, Pflüger's Arch. f. Physiol. 7. 284. — Ritthausen, Journ. f. prakt. Chem. 8. 10. — Kreussler, Zeitsch. f. anal. Chem. 12. 354. — Märcker, Sitz. Ber. d. Naturf. Ges. zu Halle 1873. — Annal. d. Landwirthschaft 12. 619. — Makris, Ann. Chem. Pharm. 184. 371. — Ritthausen, Arch. f. Physiol. 16. 293. — Zeitschr. f. anal. Ch. 18. 601. — Prehn und Hornberger, Landw. Versuchsstat. 24. 21. — Kreussler, Landw. Versuchsstat. 24. 35. — 2) Voit, Zeitschr. f. Biol. 12. 57. — 3) v. Gorup-Besanez, Chemische Berichte, 8. 1511. — 4) Schmidt-Mülheim, Arch. f. Anat. und Physiol. 1879. 39. — 5) Solche Extractionsapparate

sind in letzter Zeit angegeben von: Storch, Zeitschr. f. anal. Ch. 7. 68. — Wagner, Z. f. anal. Ch. 9. 354. — Simon, Z. f. anal. Ch. 12. 179. — Zulkowski, Dingl. polyt. Journ. 208. 298. — Tollens, Zeitsch. f. anal. Ch. 14. 82. — 17. 320. — Maly, Ann. Chem. Pharm. 175. 81. — Gerber, Chem. Ber. 9. 656. — Drechsel, J. f. prakt. Ch. N. F. 15. 350. — Schulze, Zeitschr. f. anal. Ch. 17. 174. — Tschaplowitz, Z. f. anal. Ch. 18. 441. — Medicus, Z. f. anal. Ch. 19. 163. — Soxhlet, Dingl. Journ. 232. 461. — 6) Hofmann, Beiträge z. Anat. u. Phys. von C. Ludwig, Jubelband 1875. — 7) Vgl. Heintz, Zeitschr. f. anal. Ch. 17. 160. — Reichert, Z. f. anal. Ch. 18. 68. — Köttstorfer, Dingl. Journ. 1879. Heft 3. — Meissl, Dingl. Journ. August 1879. — Burstyn, Z. f. anal. Ch. 11. 283. — Dingl. Journ. 217. 314. — Merz, deutsch. Industriezeitung 1877. 124. — Geissler, Dingl. Journ. 327. 52. — 8) Jacobsen, Chem. techn. Report. 1. 84. — Vgl. ferner: Wiederhold, Polyt. Notizblatt 32. 330. — Hager, Pharm. Centralh. 18. 145. — 9) Brücke, Ber. d. Wiener Akademie 1875. 1. — Maschke, Zeitschr. f. anal. Ch. 16. 425. — 10) Braun, Z. f. anal. Ch. 4. 185. — 11) Gentele, Ch. Centralbl. 1861. 91. — Stahlschmidt, Chem. Ber. 1866. 141. — 12) Knapp, Ann. Chem. Pharm. 154. 252. — 13) Sachsse, Pharmac. Zeitsch. f. Russl. 1876. 549. — Z. f. anal. Ch. 16. 121. — 14) Heinrich, Chem. Centralbl. 1878. 409. — Hager, Z. f. anal. Ch. 17. 380. — Pharm. Centralh. 18. 313. — 15) Gräger, N. Jahrb. f. Pharm. 29. 193. — O. Schmidt, N. Jahrb. f. Pharm. 29. 270. — 17) Loewe, Z. f. anal. Ch. 9. 20. — 17) Vgl. Mohr, Z. f. anal. Ch. 12. 296. — Schwarz, Chem. Centralbl. 1872. 696. — Schmidt, Ann. Chem. Pharm. 69. 94. — Neubauer, Z. f. anal. Ch. 15. 192. — 18) Soxhlet, Chem. Centralbl. 1878. 218. — Ulbricht, Chem. Centralbl. 1878. 392. — Maercker, Chem. Centralbl. 1878. 584. — 19) Brunner, Z. f. anal. Ch. 2. 232. — 11. 33. — 20) Kraus, N. Repert. f. Pharm. 22. 89. — 21) Mohr, Z. f. anal. Ch. 12. 296. — 22) Weil, Z. f. anal. Ch. 11. 254. — 23) Märcker, Chem. Centralbl. 1878. — 24) Pavy, Chem. News 39, 77. — Hehner, Chem. News 39. 197. — Z. f. anal. Ch. 19. 98. — 25) Vgl. Wüllner, Lehrb. d. Experimentalphys. Leipzig 1871. 2. 590. — Hoppe-Seyler, Handb. d. path. chem. Analyse p. 22 ff. — König, Die menschlichen Nahrungsmittel etc. Berlin 1880, p. 257 u. 264. — Ausführliche Anleitung giebt: Landolt, das optische Drehungsvermögen etc. Braunschweig 1879. — Vgl. ferner: Landolt, Z. f. anal. Ch. 7. 1. — Wild, Dingl. Pol. Journ. 174. 146. — Gerlach, Dingl. Journ. 172. 31. — Laurent, Dingl. Journ. 223. 608. — 26) Neubauer, Chem. Ber. 1877. 827. — 27) Sachsse, Sitz. Ber. d. Naturh. Ges. zu Leipzig. 4. 25. — 28) Schmidt, Ann. Chem. Pharm. 119. 102. — 29) Campani, Arch. d. Pharm. 198. 51. — 30) Nicklès, C. R. 61. 1053. — Z. f. anal. Ch. 5. 412. — 31) Landolt, l. c. — Vgl. Koenig, p. 259. — 32. Vgl. Apjohn, Chem. News. 21. 86. — Dupré, Chem. News 21. 97. — Z. f. anal. Ch. 9. 498. — 33) Barfoed, Zeitschr. f. anal. Chem. 12. 27. — Worm-Müller, Arch. f. d. ges. Phys. 16. 551. — 34) Pillitz, Zeitschr. f. anal. Ch. 11. 57. — 35) Schulze u. Märcker, Journ. f. Landwirthsch. 1872. 56. — 36) Sachsse, Chem. Centralbl. 1877. — 37) Dragendorff, Schweiz. Zeitschr. f. Pharm. 7. 158. — Z. f. anal. Ch. 1. 488. — 38) Henneberg, Ann. Chem. Pharm. 146. 130. — König, Landwirthsch. Versuchsstat. 1873. 415. — Holdefleiss, Landw. Jahrbb. 6. 101. — Frémy C. R. 83. 1136. — Frémy u. Terreil, Journ. de Pharm. et de Chim. 1868. 241. — Musculus u. Gruber, Zeitschr. f. phys. Ch. 2. 177. — C. R. 86. 1459. — 39) Bunge, Z. f. Biol. 10. 295. — Ann. Chem. Pharm. 172. 16. — Behaghel v. Adlerskron, Z. f. anal. Ch. 12. 390. — 40) Die Zahlen sind entnommen: Koenig, Die menschlichen Nahrungsmittel etc. Berlin 1880. — u. Voit, Z. f. Biol. 12. 58. —

II. Untersuchung der einzelnen Nahrungsmittel.

1. Fleisch.

Untersuchung des Fleisches.

Die Untersuchung des Fleisches im hygienischen Interesse erfolgt in der Mehrzahl der Fälle ohne besondere wissenschaftliche Hülfsmittel, sondern die Resultate werden nur durch eine Art Vorprüfung mit Hülfe der unbewaffneten Sinne gewonnen.

a) Makroskopische Fleischschau.

Für eine solche Fleischschau sind von Gerlach ungefähr folgende Gesichtspunkte aufgestellt, mit denen die Materialien des Entwurfs zum Nahrungsmittelgesetz für das deutsche Reich vom 14. Mai 1879 im wesentlichen übereinstimmen:

Gesichtspunkte.

1) Als ungeniessbar ist das Fleisch aller Thiere zu betrachten, die an einer inneren Krankheit gestorben oder während des Absterbens getödtet sind; ferner das Fleisch solcher Thiere, welche in Folge übergrosser Anstrengung und Erschöpfung gestorben sind. 2) Als gesundheitsschädlich ist das Fleisch von Thieren zu vermeiden, die an contagiösen Krankheiten gestorben sind, welche möglicherweise auf den Menschen übertragbar sind. Dahin gehören Milzbrand, Rotz, Wuth, Pocken, Maul- und Klauenseuche; ferner Tuberkulose (Perlsucht), sobald der weitere Fortschritt der Krankheit durch eins der folgenden Merkmale constatirt wird: Tuberkulöse Erkrankung der Lymphdrüsen im Bereich der erkrankten Organe; käsige Zersetzung und namentlich Bildung käsiger Heerde in den Lungen; weitere Verbreitung der Tuberkeln im Körper; beginnende Abzehrung des Thiers. 3) Das Fleisch vergifteter resp. solcher Thiere, denen kurz vor dem Schlachten giftige Medicamente beigebracht sind, ist zu verwerfen. 4) Der Verkauf des Fleisches von Thieren mit schweren Infectionskrankheiten (Typhus und typhoide Krankheiten, Eiterungen etc.) ist zu beanstanden. 5) Gesundheitsschädlich ist das Fleisch von Thieren, welches Finnen oder Trichinen enthält. 6) Zu beanstanden ist faules und in höherem Grade verdorbenes Fleisch. — Endlich ist das Fleisch zu junger Thiere (Kälber unter 8—10 Tagen), sowie das Fleisch von Thieren mit allen Arten von zehrenden Krankheiten als minderwerthig anzusehen. — Dagegen scheinen viele im Vorigen nicht genannte Krankheiten der Schlachtthiere die Verwendbarkeit des Fleisches durchaus nicht zu alteriren, so z. B. die Drehkrankheit der Schafe, die Lungenseuche der Rinder in einem frühen, noch fieberfreien Stadium, Knochenbrüchigkeit etc. etc.

Schwierigkeiten der Fleischschau.

Die Erkennung der gesundheitsschädlichen Beschaffenheit des Fleisches ist an den für den Markt zugerichteten Fleischtheilen nur schwierig durchzuführen. Leichter ist es, die Krankheiten theils durch Untersuchung des lebenden Thieres, theils durch die während des Schlachtens vorgenommene Inspection der Eingeweide und eventuell eine regelrechte pathologisch-anatomische Untersuchung zu constatiren; daher bietet nur der Schlachtzwang in Schlachthäusern mit organisirter Fleischschau genügende

Garantie gegen den Vertrieb hygienisch unzulässigen Fleisches. — Erfolgt die Fleischschau erst an den auf den Markt gebrachten Fleischtheilen, so können beispielsweise folgende Merkmale beachtet werden[2]: Das Aussehen normalen Fleisches ist roth bis braunroth (Rind-, Hammel-, Wildfleisch; Fleisch von Kälbern, Geflügel, Fischen erscheint weisslich bis blassroth); die Färbung darf weder in Blassrosa, noch in Dunkelpurpurfarben übergehen; auf dem Durchschnitt soll das Fleisch marmorirtadrig sein. Bei der mikroskopischen Untersuchung zeigen sich die Querstreifen der Muskelfasern scharf begrenzt. — Die in geringer Menge austretende Flüssigkeit ist röthlich gefärbt. — Das Fett ist rein weiss, ohne hämorrhagische Punkte. — Das Mark der Hinterschenkel ist 24 Stunden nach dem Schlachten fest und von gleichmässig rosiger Farbe. (Bei normalen Fischen sind die Kiemen roth, die Hornhaut gewölbt und glänzend.) — Der Geruch ist an dem eingestossenen und wieder herausgezogenen (vor dem Einstechen zweckmässig in heisses Wasser getauchten) Messer oder auch durch Uebergiessen klein geschnittener Fleischstücken mit heissem Wasser zu prüfen; derselbe ist bei normalem Fleisch in keiner Weise unangenehm. — Die Consistenz ist derb, nicht hart; normales Fleisch setzt dem Fingereindruck oder dem eingestossenen Messer gleichmässigen Widerstand entgegen; auch das Fett ist fest, hart und trocken. — Die Reaction des normalen Fleischsaftes ist schwach sauer.

Prüfung des Aussehens, des Geruchs, der Consistenz, der Reaction.

Fleisch von kranken Thieren oder solches, welches in Fäulniss überzugehen beginnt, ist bräunlich, oft grünlich, das Fett mit Hämorrhagieen durchsetzt, das Mark der Hinterschenkel flüssig, bräunlich und mit schwarzen Punkten durchsetzt. Unter dem Mikroskop erscheinen die Querstreifen verschwommen; oft zeigen letztere körnige Entartung. Der Geruch ist namentlich bei Zuhülfenahme heissen Wassers unangenehm faulig; die Consistenz ist weich, der Widerstand gegen das eingestossene Messer ist ungleichmässig; das Fettgewebe erscheint gallertartig, weich und zerfliesslich. Der reichlich auszupressende Fleischsaft reagirt oft schwach alkalisch. Im interstitiellen Bindegewebe zeigt sich zuweilen eine schleimige oder eitrige Flüssigkeit. (Bei Fischen sind die Kiemen blass, die Augen glanzlos, die Cornea getrübt, das Fleisch weich, die Schuppen leicht ablösbar.)

Verhalten des Fleisches von kranken Thieren.

Für einzelne Krankheiten führt man gewisse charakterische Symptome an, die aber keineswegs durchaus zuverlässig sind; bei Milzbrand soll das Fleisch einen widrigen, ammoniakalischen Geruch annehmen, und im Fleisch sollen schwärzliche brandige Flecke auftreten; eventuell können das dunkle theerartige Blut, die stark vergrösserte, dunkle und breiige Milz, sowie der Nachweis hämorrhagischer Heerde als Symptome des Milzbrands angesehen werden. Das Fleisch perlsüchtiger Thiere zeichnet sich durch blasse Farbe, feste Consistenz, grossen Fettmangel (auch in Gekröse und Netz) aus; ferner findet man in und auf den Organen einzelne und

Symptome bestimmter Krankheiten.

maulbeerförmig zusammengewachsene Tuberkeln und käsige Heerde. — Das Fleisch der an Rinderpest, Wuth etc. erkrankt gewesenen Thiere ist oft ohne jede auffallende Veränderung. —

Untersuchung auf Finnen.

Sehr häufig kommt im Schweine- und Rindfleisch die Finne zur Beobachtung; die Schweinsfinne (cysticercus cellulosae, im Darm des Menschen die taenia solium liefernd) erscheint als graue längliche Wasserblase, deren jüngere, mehr runde Exemplare nur etwa 1 mm im Durchmesser haben, während ältere bis gegen 20 mm lang werden können. Die Rindsfinne (cysticercus taeniae mediocanellatae) findet man 4—8 mm lang und 3 mm breit. Auch den Finnenkopf kann man noch mit freiem Auge erkennen; der Hakenkranz desselben lässt sich mit starker Lupenvergrösserung wahrnehmen. (Vgl. Figg. 2 u. 3 auf Tafel III).[3]

Die chemische und mikroskopische Untersuchung kann sodann häufig der makroskopischen Fleischschau zu Hülfe kommen.

b) Chemische Analyse des Fleisches.

Die chemische Analyse des Fleisches erfolgt nach den in der allgemeinen Uebersicht gegebenen Regeln. Frisches Fleisch ist zu zerschneiden, zu trocknen und dann in Mörsern fein zu pulvern; es gelingt bei einigermassen magerem Fleisch leicht, die trockene Masse so weit zu zerstossen, dass man zum Absieben ein Sieb mit 0,5 mm Maschenweite benutzen kann. — Fettes Fleisch ist vor dem Zerstossen oberflächlich mit Aether zu extrahiren. — Schneidet man aus magerem Rindfleisch alles Fett und alle Sehnen heraus, so zwar dass man mit einer Scheere Streifen von etwa 1 cm Durchmesser herstellt und in diese noch an verschiedenen Stellen einschneidet, um Fett oder Bindegewebe aufzufinden und zu entfernen, so kann man den Stickstoffgehalt eines so zugerichteten, reinen, frischen Fleisches ohne weitere Analyse im Durchschnitt zu 3,4% annehmen.[4] — Im übrigen kommen so erhebliche Schwankungen in der Zusammensetzung des normalen Fleisches vor, dass aus der chemischen Analyse nur sehr selten ein Schluss auf Abnormitäten in der Constitution des Fleisches gestattet ist. Auch der Wassergehalt des Fleisches zeigt sehr bedeutende Differenzen, und es ist noch nicht genau die Grenze festgestellt, von der ab der Wassergehalt als ein entschieden abnormer angesehen werden muss. Ungefähr wird diese Grenze bei 79% liegen, ein derartig hoher Wassergehalt wird besonders bei schlecht ernährtem Vieh, bei zehrenden Krankheiten, bei abgetriebenen Thieren, endlich bei sehr jungen Thieren vorkommen; aber es können auch vielfach Krankheiten ohne auffallende Vermehrung des Wassergehalts des Fleisches verlaufen, und das Zustandekommen einer merklichen Aenderung des Wassergehalts durch Krankheiten hängt wesentlich mit von dem vorausgegangenen Ernährungszustand und von dem Fettgehalt des Fleisches ab. — Ferner könnte es Aufgabe der chemischen Analyse sein, die Gifte zu isoliren, die zuweilen toxische Wirkungen des Fleischgenusses hervorrufen; das Fäulniss- und Wurstgift, die giftig wirkenden Bestandtheile, die manchmal in Fischen, Schaalthieren etc. vorkommen, harren jedoch noch sämmtlich ihrer bestimmten chemischen Charakterisirung und fallen daher vorläufig noch nicht ins Bereich der gebräuchlichen Analyse. — Im Ganzen kommt somit der chemischen Fleischuntersuchung bis jetzt nur geringe hygienische Bedeutung zu.

Schwankungen in der chemischen Zusammensetzung des Fleisches.

c) Mikroskopische Untersuchung.

Die mikroskopische Analyse kann eventuell durch den Nachweis zahlreicher Fäulnissbacterien die eingetretene Verderbniss des Fleisches constatiren; jedoch ist eine solche Untersuchung Angesichts der sonstigen Kennzeichen der Fäulniss

überflüssig. Bei phosphorescirendem Fleisch finden sich zahlreiche Mikroorganismen, die als Ursache des Leuchtens anzusehen sind, die aber unschädlich und ohne besonders hygienisches Interesse zu sein scheinen. — Bei genaueren, auf den Nachweis von Krankheiten der Schlachtthiere gerichteten Untersuchungen hat die mikroskopische Analyse häufig zur Auffindung der pathologisch-anatomischen Veränderungen der Organe, sowie eventuell pathogener Organismen zu dienen. Jedoch setzen diese Untersuchungen ein specielles Studium der pathologischen Anatomie voraus und können nicht bei der gebräuchlichen Fleischschau zur Verwendung gelangen (vielleicht abgesehen von der oben erwähnten Beobachtung der Querstreifung der Muskelfasern.) Nur die Untersuchung des Schweinefleisches auf Trichinen macht eine Ausnahme, da dieselbe im hygienischen Interesse häufig auch von nicht pathologisch geschulten Beobachtern vorgenommen wird.

Untersuchung auf Trichinen.

Das Object der Untersuchung, die trichina spiralis,[5] kommt innerhalb der Muskeln als ein 0,7 bis 1 mm langer Faden vor, an dessen dünnerem Vorderende die Mundöffnung liegt (Fig. 4, 5, 6 auf Tafel III). Letztere führt in die enge Speiseröhre, und auf diese folgt ein langer aus einer Reihe grosser Zellen gebildeter Abschnitt des Darms, der sogenannte Zellenkörper; die Speiseröhre läuft an dessen Seite als sehr langer enger Canal weit herab, und geht schliesslich in den erweiterten bis zum hinteren Leibesende reichenden Magendarm über. Unter der zarten, fein quergeringelten Haut mit ihrem Muskelschlauch verläuft jederseits der für Nematoden charakteristische Seitenstrang, in gewissem Sinne als Niere anzusehen; weiter erkennt man ein Nervensystem, aus einem mit Ganglienzellen besetzten Faserring bestehend, sowie die Anlage des Sexualapparats. — Die Muskeltrichine liegt, in spiraligen Windungen eingerollt, in einer Kapsel, welche eine helle, körnchenreiche Flüssigkeit enthält; die Kapselwand lässt sich leicht sprengen und die Trichine herausdrücken, die dann die Spiralwindungen aufgiebt und halbmondförmig oder nahezu kreisförmig sich krümmt. Gelangt ein Stück Fleisch mit solchen eingekapselten Trichinen in den Magen eines andern Thiers, so wird die Cyste verdaut, und die frei gewordenen Trichinen wandern in den Darm und wachsen hier innerhalb 2—3 Tagen zu 1—1 ½ mm langen Darmtrichinen aus; die weiblichen Trichinen erreichen während der Brutproduktion sogar eine Länge von 3 ½ mm. Am 5. bis 6. Tage setzen letztere die ersten lebendigen Jungen ab; diese sind 0,08 bis 0,13 mm lang, besitzen aber schon Mund- und Darmanlage und sind zu lebhaften selbstständigen Krümmungen ihres Körpers befähigt, mittelst derer sie sich zwischen den Geweben fortschieben. Namentlich wandern die Embryonen, nachdem sie die Darmwandung durchbohrt haben, in die Muskulatur, indem sie zunächst den die Muskeln durchsetzenden Bindegewebszügen folgen, dann das Sarkolemm durchbohren und in den quergestreiften Inhalt derselben eintreten; nach und nach macht die Querstreifung einem mehr gleichmässig feinkörnigen Ansehen Platz, und zugleich bildet sich eine bedeutende spindelförmige Auftreibung des Sarkolemms aus. Letztere wird schliesslich durch Bindegewebsauflagerungen und durch eine im Inneren der Cyste abgelagerte helle Substanzschicht zu einer festen Kapsel, die nach etwa ½ Jahre noch durch allmähliche Imprägnirung mit Kalksalzen an Härte und Resistenz gewinnt.

Aussehen und Verhalten der Trichinen.

Die Untersuchung des Schweinefleisches auf Trichinen hat in der Weise zu erfolgen, dass mittelst einer aufs Blatt gebogenen Scheere dünne, ¼ cm lange und breite Scheiben parallel der Faserung abgeschnitten, und auf einem Objectglas ausgebreitet werden. Bei eben geschlachteten Schweinen sind die Proben am zweckmässigsten den Zwerch-

Ausführung der Untersuchung.

fellsmuskeln (Lendentheil), den Bauch-, Intercostal-, Zungen-, Kehlkopf- und Augenmuskeln als den am häufigsten und dichtesten occupirten Körpertheilen zu entnehmen; bei diesen Muskeln zeigen dann wieder die der Sehne zunächst gelegenen Theile die stärkste Anhäufung von Trichinen. Kommen nur einzelne Stücke des Schlachtthiers oder präparirte Theile zur Untersuchung, so ist nur vor allem auf Vermeidung der mit Fett durchwachsenen Partieen zu achten; aus Speckseiten sind ebenfalls falls möglichst die eingelagerten mageren Stellen zu entnehmen; bei Schinken u. dgl. benutzt man zweckmässig einen feinen Troicart zur Probenahme. — Das abgeschnittene Stückchen wird auf dem Objectträger zerfasert, dann mit etwas Wasser oder verdünnter Kalilauge oder Glycerin befeuchtet, und ein starkes Deckglas fest aufgedrückt, um ein möglichst dünnes, durchsichtiges Object zu bekommen. Man untersucht dann mit etwa 50facher Vergrösserung, indem man durch vorsichtiges Verschieben des Präparats dieses allmählich durchmustert. In neuerer Zeit sind speciell zur Untersuchung des Fleisches auf Trichinen Mikroskope construirt, bei denen durch Schraubendrehungen eine genau abgemessene Verschiebung des Präparates um die Grösse eines Gesichtsfeldes zunächst seitwärts und dann von vor- nach rückwärts erfolgen kann. Eine sehr brauchbare derartige Construction ist von Teschner, eine andere von Schmidt-Haensch angefertigt.[6] — Mit der angegebenen schwachen Vergrösserung findet man entweder wandernde, freie Trichinen, oder bereits eingekapselte; sind die Kapseln undurchsichtig durch Kalkeinlagerung, so ist das Präparat mit verdünnter Essig- oder Salzsäure zu behandeln, um den Kalk zu lösen. Sind wurmförmige Gebilde vorhanden, so hat man mit etwas stärkerer Vergrösserung die nähere Structur des Objects zu beobachten, um namentlich gegen eine Verwechslung mit Muskelfasern oder Miescher'schen Schläuchen geschützt zu sein. Auch die verkalkten Kapseln können zuweilen durch andere Concremente im Schweinefleisch vorgetäuscht werden; so kommen Ablagerungen von Guanin;[7] ferner von Margarin oder Tyrosin; endlich Kalkablagerungen vor, die auch verkalkte Finnenbälge oder Neubildungen sein können.[8]

Trichinen-Mikroskope.

Differential-Diagnose.

Fleischpräparate.

Fleischpräparate. Für dieselben gelten im Allgemeinen dieselben Methoden der Untersuchung wie für frisches Fleisch. — Bei **Würsten** ist der häufig vorkommende Zusatz von **Stärkemehl** qualitativ leicht durch die Blaufärbung nachzuweisen, welche auf Betupfen mit Jodlösung entsteht; quantitativ gelingt die Bestimmung, indem man eine gewogene Menge der Wurst mit Wasser kocht, dann mit Malz (5 gr Malz zerstossen, mit 50 cc. Wasser $1^1/_2$ Stunden bei 30—40° digerirt, filtrirt) oder mit Schwefelsäure das Stärkemehl nach pag. 341 invertirt und die Maltose resp. den Traubenzucker mittelst Fehling'scher Lösung ermittelt. Für die in den Pfefferkörnern der Würste enthaltene Stärke ist eventuell ein Bruchtheil der gefundenen Menge (etwa 1 %) in Abzug zu bringen.[9] — Uebrigens ist ein geringer Zusatz von

Untersuchung der Würste auf Stärkemehl.

Stärkemehl zur Wurst, 2—3 %, weit verbreitet, geschieht (ausser wenn absichtlich viel Wasser zugefügt wird) nicht in betrügerischer Absicht und scheint nicht nachtheilig zu sein. — Häufiger wird ferner die Wurst mit Fuchsin roth gefärbt. Der Nachweis desselben gelingt leicht, wenn man die zerkleinerte Wurst mit 90procentigem Alkohol übergiesst; derselbe färbt sich bald roth, wenn Fuchsin vorhanden ist; ebenso färbt sich Aether. Auf Säurezusatz verschwindet die Farbe des Alkohols, Alkalien verwandeln das Roth in Gelb, fast bis zur Farblosigkeit.[10] — Kommt Fleischextract zur Untersuchung, so hat man mit abgewogenen Portionen eine Trockenbestimmung, eine Bestimmung der in 80grädigem Alkohol löslichen Theile, sowie der in Aether löslichen Substanzen auszuführen. Der Wassergehalt soll höchstens 16—20 %, der Fettgehalt höchstens 1½ % betragen; im Alkohol sollen 60 % löslich sein. Stickstoff- und Aschengehalt lässt sich zweckmässig so ermitteln, dass man eine gewogene Menge des Fleischextracts mit Wasser zu einem gemessenen Volum löst, und dann einen aliquoten Theil genau wie andere Flüssigkeiten behandelt; der N-Gehalt beträgt gewöhnlich 8—9, der Aschengehalt 15—20 %. —

auf Anilin.

Prüfung des Fleischextracts.

Bedeutung der Fleischuntersuchung. Bei der Fleischcontrole ist vor allem der in der Einleitung näher charakterisirte Standpunkt der praktischen Gesundheitspflege einzuhalten, und nicht nur solches Fleisch als verwerflich zu bezeichnen, das mit aller Strenge als gesundheitsschädlich erwiesen ist. Der widerwärtige, unaesthetische Eindruck, den faulendes oder kranken Thieren entnommenes Fleisch macht, muss genügen, um dasselbe vom Markte auszuschliessen. Wie oben hervorgehoben, ist eine in diesem Sinne befriedigende Fleischschau ohne Schlachtzwang in Schlachthäusern nicht denkbar.[11] — In vielen Fällen kommt ausserdem der Fleischuntersuchung eine entschieden hygienische Bedeutung zu; so namentlich in Bezug auf den Nachweis der Finnen und Trichinen. Es ist freilich constatirt, dass trotz sorgfältigster Untersuchung trichinenhaltiges Schweinefleisch für trichinenfrei erklärt werden kann; aber jedenfalls sind dies Ausnahmefälle, denen eine viel grössere Anzahl von Verhütungen einer Trichineninfection gegenüberstehen, und ausserdem bedingen die jedenfalls spärlich vorhandenen, übersehenen Trichinen nur selten eine Gefahr. — Die Untersuchung der Würste auf Anilinroth ist in so fern von Bedeutung, als durch letzteres eine schlechte Beschaffenheit der Würste verdeckt werden kann; die Prüfung auf Stärkezusatz in so fern, als stark mit Stärkemehl und Wasser angemengte Würste leicht Gährungen unterliegen.

Bedeutung der Fleischuntersuchung für die Hygiene.

Anmerkung. Die dem Fleisch in Bezug auf ihre Zusammensetzung nahe stehenden Eier erfordern keine besonderen Untersuchungsmethoden; die chemische Analyse erfolgt genau nach den oben gegebenen Regeln. — Um alte oder bebrütete Eier von frischen zu unterscheiden, prüft man entweder die Durchsichtigkeit, die im Allgemeinen bei frischen Eiern grösser ist, während wiederum alte Eier in Folge ihres grösseren Luftraumes an der oberen Spitze dort stärker durchscheinen; oder man legt sie in eine Kochsalzlösung von 10 %, in der frische Eier untersinken, während alte und bebrütete specifisch leichter sind und schwimmen.

Untersuchung der Eier.

Litteratur. 1) Gerlach, Die Fleischkost des Menschen vom sanitären und marktpolizeilichen Standpunkte. Berlin 1875. — Vorlagen des Reichsgesundheitsamts, Viert. f. öff. Ges. 10, 440. — Vgl. ferner: Broad, Sanitary Record 6, 246. — Kuborn, Bull. de l'Acad. de méd. de Belgique, 1872. 7. — Cameron, Journ. of medic. sc. 51. (101) 64. — Bouley, C. R. 72, 9. — Bouchardat, Ann. d'hyg. 49. 442. — Gaz. hebdom. 15. 145. — Cohen, Nederl. Weekbl. 1876. 32. — Dammann, Der Landwirth 6, 75. — 2) Mauclère, Ann. d'hyg, 36, 221. — Journ. de Brux. 51, 301. — Reynolds, Food, Water and Air, 2, 82. — Gerlach, l. c. — 3) Leuckart, Die Parasiten des Menschen etc. Leipzig und Heidelberg. — 4) Voit, Z. f. Biolog. 1, 97. — Petersen, Z. f. Biol. 7, 166. — Huppert, Z. f. Biol. 7, 354. — Schenk, Med. Centralbl. 10, 25. — Mène, C. R. 79. 396. 529. — Bertram und Schäfer, Z. f. Biol. 12, 558. — Payen, C. R. 71, 24. — 5) Virchow, Die Lehre von den Trichinen, 3. Aufl. Berlin 1866. — Gerlach, Die Trichinen etc. 2. Aufl. Hannover 1873. — Leuckart, Untersuchungen über die trichina spiralis. 2. Aufl. 1866. Die Parasiten des Menschen, Leipzig und Heidelberg. II. 512. — Claus, Schrift. d. Ver. zur Verbr. naturw. Kenntnisse in Wien. Wien 1877, 17. 3. — Zürn, die thierischen Parasiten, Weimar 1873. — Haubner, Handbuch der Veterinärpolizei, Dresden 1869. — 6) Schmidt und Haensch, Industriebl. 16, 289. — 7) Virchow, Virchow's Archiv 35, 358. — 36, 147. — 8) Leuckart, l. c. — Begemann, Arch. d. Pharm. 177, 205. — 9) Medicus und Schwab, Chem. Ber. 12, 1285. — 10) Reichardt, Polyt. Journ. 209, 238. — 11) Ueber Nothwendigkeit einer Fleischschau vgl.: Küchenmeister, Dresden 1864. — Mikroskopische Fleischschau, Dresden 1866, h. 1, 2. — Koch, Oesterr. Monatsschr. f. Thierheilk. 1, 5. — Kunstmann, Pharmac. Zeitschr. 1878, 73. — Tiemann, Nied. Corr. Bl. 5, 62. — Wasserfuhr, Viert. f. öff. Ges. 9, 825. — Boehm, Wien. med. Presse 17, 31. — H. Schmidt, Viert. f. ger. Med. N. F. 1870. 31. — Falke, Thüring. ärztl. Corr. Bl. 4, 189. — Friedberg, Deutsch. medic. Wochenschr. 1, 103. — Lent, Nied. Corr. Bl. 4, 138. — Kornfeld, Virchow's Arch. 164, 138. — Heusner, Viert. f. öff. Ges. 8, 47. — Adam, Deutsche Zeitschr. f. Thiermed. u. vergl. Path. 1, 407. — Pauli, Viert. f. ger. Med. 20, 339. — Smith, Publ. Health 2, 245. — Ueber Schlachthäuser s. namentlich: Feit, Bericht etc. Berlin 1864. — Hennicke, Bericht etc. Berlin 1866. — Hobrecht, Erbkam's Zeitschr. f. Bauwesen 1862. 287. — Adam, Wochenschr. f. Thierheilk. 1875. 47. — Dudfield, Sanit. Record 2, 365. — Schülke, Nied. Corr.-Bl. 4. 166. — Goblein, Viert. f. öff. Ges. 8, 35. —

2. Milch.

2) Untersuchung der Milch.

Bei der Analyse der Milch sind vielfach Abweichungen von dem oben gegebenen allgemeinen Schema zur Untersuchung der Nahrungsmittel erforderlich; es erscheint daher eine eingehendere Darstellung der Milchprüfungsmethoden wünschenswerth, in welcher zunächst die Vorprüfung der Milch (Geschmack, Geruch, Reaction etc.), dann die Methoden zur abgekürzten, approximativen Untersuchung, endlich die ausführliche chemische Analyse sowie die mikroskopische Untersuchung zu behandeln sind.[1]

a) Vorprüfung.

a. Vorprüfung. Farbe. Zuweilen kommen Veränderungen der normalen gelbweissen Farbe der Milch vor. Rothfärbung rührt gewöhnlich von beigemengtem Blut her, das sich mikroskopisch oder spectroskopisch nachweisen lässt; in blauer

Milch ist wahrscheinlich Anilinblau entstanden; dieselbe lässt meistens unter dem Mikroskop Massen von Mikroorganismen erkennen. — Die Consistenz der Milch ist stets dünnflüssig, ausser in den noch nicht hinreichend aufgeklärten Fällen, wo eine schleimige fadenziehende Beschaffenheit auftritt; zuweilen kommen ferner Caseïngerinnsel, Concremente, hauptsächlich aus Phosphaten, und Milchsteine, fast ganz aus kohlensaurem Kalk bestehend, vor. — Ihre Untersuchung erfordert keine specielle Anleitung. — Sodann ist der Geruch der Milch, der namentlich nicht säuerlich oder faulig sein darf, und der Geschmack der Milch zu prüfen; ist letzterer bitter, so deutet dies meistens auf begonnene Zersetzungen.

Farbe, Consistenz, Geruch, Geschmack.

Eine grössere Aufmerksamkeit hat man in letzter Zeit der Prüfung der Reaction zugewandt. Während man früher gewöhnliches blaues und rothes Lakmuspapier anwandte und dabei die Reaction entweder sauer oder alkalisch fand, ist neuerdings die Anwendung des Doppelreagenspapiers empfohlen, mit welchem sich amphotere, d. h. sowohl sauere als alkalische Reaction constatiren lässt.[2] Die amphotere Reaction beruht auf der Anwesenheit von Alkaliphosphaten, welche theilweise alkalisch, theilweise sauer reagiren. Noch besser lässt sich die Reaction der Milch mittelst Lakmusgipsplatten erkennen.[3] — Soll ermittelt werden, ob Säure oder Alkali im Ueberschuss vorhanden ist, so sind die Alkaliphosphate zunächst zu entfernen und die Phosphorsäure ist durch eine aequivalente Menge anderer Säure, deren Salze einfach reagiren, zu ersetzen. Dies geschieht durch Zusatz von Chlorbarium, das selbst neutral reagirt, also ohne Nachtheil im Ueberschuss zugesetzt werden kann, das aber die Alkaliphosphate in Chloralkalien und eventuell freie Säure oder freies Alkali umwandelt. Nach dem Chlorbariumzusatz bekommt man daher bestimmte Reaction, und kann sogar eventuell den Grad der sauren oder alkalischen Reaction titrimetrisch bestimmen.[4]

Reaction.

Säuretitrirung.

b) Abgekürzte Milchanalyse. Dieselbe soll in erster Linie den Bedürfnissen der polizeilichen Milchcontrole angepasst sein und bedarf daher solcher Methoden, die möglichst ohne Laboratorium und ohne Schulung in Laboratoriumsarbeiten, in kurzer Zeit ausgeführt werden können, und die dennoch bis auf geringe Bruchtheile genau die Zusammensetzung der Milch erkennen lassen. — Die zahlreichen in diesem Sinne empfohlenen Untersuchungsweisen betreffen zunächst das specifische Gewicht und die Wassermenge der Milch, dann namentlich die Menge des Fettes; die übrigen Stoffe der Milch lassen sich theilweise aus den so erhaltenen Zahlen entnehmen.

b) Abgekürzte Milchanalyse.

Das specifische Gewicht steigt bei der Milch nicht entsprechend der Menge an festen Bestandtheilen (wie z. B. beim Wasser, vgl. pag. 237), sondern der Fettgehalt wirkt vermindernd, der Gehalt an Salzen, Eiweiss und Zucker erhöhend auf das specifische Gewicht; daraus ergiebt sich eine besondere Complication für die aus dem spec. Gew. auf die Zu-

Bestimmung des specifischen Gewichts.

sammensetzung und namentlich den Wassergehalt der Milch zu ziehenden Schlüsse.

mittelst Pyknometers; Eine genaue specifische Gewichtsbestimmung ist mittelst des pag. 179 beschriebenen Pyknometers ausführbar, das zunächst mit Wasser, dann mit Milch gefüllt gewogen wird; das Gewicht der Milch dividirt durch das Gewicht des Wassers giebt, gleiche Temperatur beider Flüssigkeiten vorausgesetzt, das specifische Gewicht der Milch, welches dann noch nach der Correctionstabelle, Tab. XIV u. XV, auf 15° zu reduciren ist.

mittelst Lactodensimeters. Weit einfacher ist die specifische Gewichtsbestimmung mittelst des Aräometers. Speciell für die Milchuntersuchung sind verschiedene derartige Instrumente empfohlen, von denen das QUEVENNE-MÜLLER'sche Lactodensimeter das verbreitetste zu sein scheint. An demselben lässt sich das specifische Gewicht der Milch direct ablesen; jedoch sind nur die zweite und dritte Decimale, z. B. 22 statt 1,022, auf der Scala verzeichnet und zwar von 14—42, d. h. also von 1,014—1,042. Auf der rechten Seite der Spindel findet sich die Bezeichnung „nicht abgerahmte Milch"; hat man eine solche vor sich, so muss bei normaler Beschaffenheit derselben das Niveau der Milch nach dem Einsenken des Instruments zwischen 29 und 34 (spec. Gew. von 1,029 und 1,034) stehen; findet man das Niveau zwischen 26 und 30, so kann man annehmen, dass die Milch um $^1/_{10}$ (oder 10 %) mit Wasser verdünnt ist; diese Zahl ist auf derselben rechten Seite der Spindel verzeichnet. Ebenso zeigen die weiter nach oben eingetragenen Zahlen: $^2/_{10}$, $^3/_{10}$ etc. an, dass die Milch mit $^2/_{10}$, $^3/_{10}$ Wasser vermischt ist, wenn das Aräometer in nicht abgerahmter Milch bis zu den neben diesen Zahlen befindlichen Scalentheilen einsinkt. — Auf der linken Seite der Spindel finden sich die gleichen Bezeichnungen für abgerahmte Milch, deren specifisches Gewicht bei normaler Beschaffenheit zwischen 1,0325 und 1,037 schwankt.

Fig. 59.



Lactodensimeter.

Da das specifische Gewicht sich mit der Temperatur der Flüssigkeit ändert, muss letztere jedesmal bestimmt und in Rechnung gezogen werden. Die Messung der Temperatur ist entweder gleichzeitig aber gesondert mittelst eines hinreichend empfindlichen Thermometers (nach CELSIUS) zu messen; oder das Thermometer kann, wie dies bei einzelnen neueren Instrumenten der Fall ist, im oberen Theil der Aräometerspindel mit eingeschlossen sein. — Die Reduction auf die

einheitliche Temperatur von + 15° erfolgt dann nach den Correctionstabellen, Tab. XIV und XV, die ohne weiteres verständlich sind. — Eine ungefähre Reduction kann man dadurch vornehmen, dass man für jeden Grad Celsius über 15° den abgelesenen Scalentheilen des Aräometers 0,2 zuzählt, für jeden Grad unter 15° dagegen 0,2 abzieht.

Cautelen der Anwendung.

Im übrigen hat man bei der Prüfung der Milch mittelst des Lactodensimeters darauf zu achten, dass beim Eingiessen der Milch in das Untersuchungsgefäss keine Schaumbildung entsteht, dass keine Blasen dem Aräometer anhängen; ferner dass man das Auge beim Ablesen mit der Scala in gleiches Niveau bringt, und auf den oberen Meniscus der Milchoberfläche einstellt.

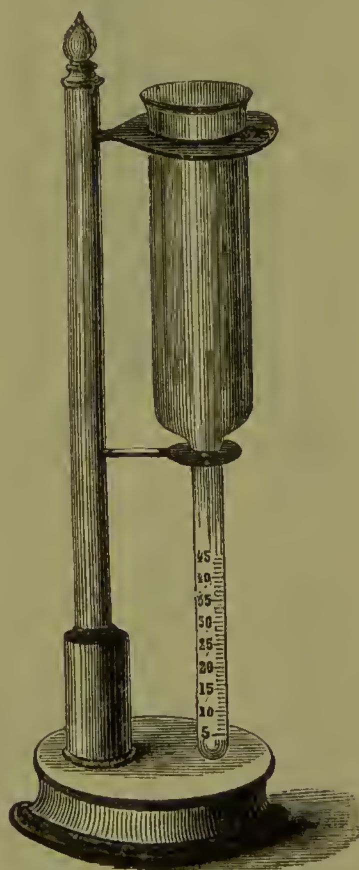
Vielfach sind Milchwaagen mit willkürlicher Scala in Gebrauch, die aber weit schwieriger zu controliren sind. (Vgl. am Schluss des Capitels die „Grundsätze" von Sell, Kirchner etc.) — Eine erheblichere Modification der specifischen Gewichtsbestimmung rührt von Sacc her; derselbe mischte die Milch mit gleichem Volum Weingeist von 70° Tralles; das Coagulum sollte dann bei normaler Milch dasselbe Volum einnehmen wie vorher die Milch, und an die Oberfläche der Flüssigkeit steigen. Das Verfahren zeigte sich bei weiterer Prüfung jedoch als unzuverlässig. [5]

Bestimmung des Wassergehalts.

durch Halimeter.

Um den Wassergehalt der Milch zu ermitteln, ist ferner die Benutzung des Halimeters vorgeschlagen [6] (Fig. 60). Das Glasgefäss, welches 24 cm Höhe, im oberen Theile einen Durchmesser von 2,5 cm, im unteren von 8 mm hat, trägt auf dem unteren Theil eine Scala, die bis 45° zeigt. Es werden nun 62,5 gr Milch mit 20,25 gr fein zerriebenem Kochsalz und 15 gr mit Kochsalz gesättigter Lackmustinctur (um die Milch zu färben) im Kochfläschchen gemischt, auf 30—35° erwärmt, tüchtig durchgeschüttelt und dann so vorsichtig in das Halimeter gegossen, dass alles ungelöste Salz mit hineingelangt. Durch Klopfen bringt man letzteres in den unteren Theil und liest die Höhe der so durch ungelöstes Salz gebildeten Säule an der Scala ab; ein Grad der Scala entspricht = 62,5 milligr. Kochsalz. 100 Theile Wasser lösen bei 30—35° etwa 36 Theile Kochsalz; zieht man die ungelöst gebliebene Salzmenge von dem im Ganzen zugesetzten Kochsalz ab, so berechnet sich danach leicht, wie viel Wasser nöthig und in der angewendeten Milch vorhanden war, um das übrige Salz zu lösen. — Eine approximative Wasserbestimmung scheint mittelst dieser Methode möglich zu sein. (Vgl. Vieth, p. 87.)

Fig. 60.



Halimeter.

durch die Menge der Molke;

Der Wassergehalt lässt sich auch dadurch ermitteln, dass man die Menge der Molke, die nach Ausfällung des Caseïns und Fettes abfiltrirt werden kann, misst und das so erhaltene Volum mit der Molkenmenge, die von normaler Milch geliefert wird, vergleicht. — Genauere Resultate scheint man durch den von Geissler construirten, später von Petri und Muencke modificirten, allerdings noch wenig geprüften, Apparat zu erreichen. Der metallene Cylinder *A* (Fig. 61) ist ein durch eine Weingeistlampe heizbarer und durch einen abnehmbaren Deckel verschliessbarer Wasserbehälter,

durch Geissler's Apparat.

der durch das Verbindungsrohr *a g* Dämpfe in den im Dampfraum befindlichen Glaskolben *B* gelangen lässt, welcher durch die Röhre *d* mit dem Messcylinder *D* communicirt. Dieser ist mit einer Kühlvorrichtung umgeben, durch die man kaltes Wasser circuliren lassen kann; der Wasserzu- und -abfluss befindet sich bei *e* und *f*. Mit dem Glaskolben *B* steht ferner die mit Glashahn versehene Bürette *C* in Verbindung, in welcher die zu prüfende Milch abgemessen wird. Der Raum zwischen der oberen und unteren Ringmarke entspricht genau dem Raume von 0—100 in der Messröhre *D*; die übrigen Marken an *B* dienen zur partiellen Entleerung der Bürette *C*. Die Verbindungsröhre *g* kann von *a* leicht entfernt und durch *a* geschlossen werden. Die Kautschuckröhre am unteren Ende des Messcylinders *C* ist ebenfalls durch einen Quetschhahn verschliessbar. — Um den Wassergehalt der Milch mittelst dieses Apparats zu bestimmen, lässt man Dämpfe aus *A* durch *a g* in *B* und *D* strömen, bis sämmtliche Luft verdrängt ist und der Dampf aus der unteren Oeffnung von *D* austritt. Alsdann schliesst man durch die Quetschhähne das untere Ende von *D* und das Verbindungsrohr *a g* und zieht den zugeklemmten Schlauch *g* von dem oberen Ende des Verbindungsrohrs *a* ab. Lässt man nun kaltes Wasser im Kühlgefäss um *D* circuliren, so condensirt sich der im Destillationsapparat befindliche Wasserdampf in dem unteren Theil des Messrohres *D*, und nimmt hier nach kurzer Zeit ein constantes, über den Nullpunkt der Messröhre reichendes Volumen ein, welches abgelesen wird. Durch langsames Oeffnen des Hahnes an der Bürette *C* fliesst das zwischen der oberen und unteren Ringmarke genau abgemessene Volumen der zu prüfenden Milch in den Destillationskolben, in welchem das in der Milch enthaltene Wasser sofort abdestillirt und die Trockensubstanz zurückbleibt, deren Gewicht durch die Gewichtszunahme des vorher tarirten Kolbens *B* bestimmt werden kann. Um ein Ueberschäumen der Milch zu vermeiden, empfiehlt es sich, die abgemessene Quantität in durch die Ringmarke angedeuteten Theilen in den Destillationsraum treten zu lassen. Bleibt nach Abfluss der Milch aus *C* das Volumen des in *D* condensirten Wassers constant, so ergiebt die Quantität desselben, nach Abzug des vor dem Einlassen der Milch gefundenen Condensationswassers, jetzt den Wassergehalt der Milch in Volumprocenten. Ohne den Kolben *B* zu entfernen und zu reinigen, kann derselbe zu mehreren Operationen verwendet werden. [7] —

Fig. 61.

Apparat zur Wasserbestimmung in der Milch.

Bestimmung des Fettgehalts.

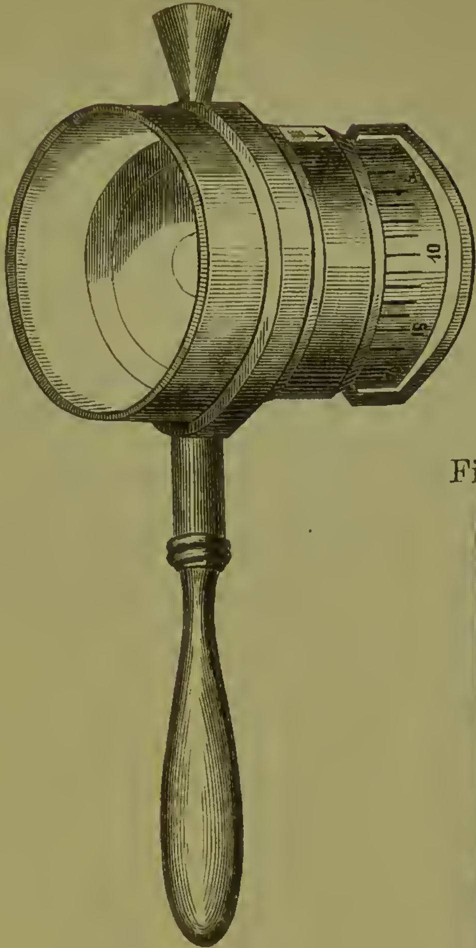
Zu den Fettbestimmungen sind vielfach optische Methoden verwandt worden, die darauf beruhen, dass eine Milch um so undurchsichtiger erscheint, je mehr Milchkügelchen sie enthält, dagegen um so durchsichtiger, je mehr Milchkügelchen durch Abrahmen entfernt, oder je mehr sie durch Verdünnen der Milch vertheilt sind. —

Optische Methoden.

Die erste derartige Methode rührt von Donné[8] her; der von ihm benutzte Apparat (Fig. 62) besteht aus zwei auf einem feinen Schraubengang in einander verschiebbaren Röhren, die nach aussen durch 2 parallele Glasplatten abgeschlossen sind; oben führt ein kleiner Trichter in das Innere des Cylinders. Die Schraube ist so geschnitten, dass eine einmalige Umdrehung derselben die Entfernung der Gläser von einander genau um 1 mm verändert; aus einer angebrachten Gradtheilung ist daher eventuell die Entfernung der Gläser jedesmal abzulesen. Zur Untersuchung einer Milch begiebt man sich mit dem Instrument in einen dunkeln Raum, in dem nur eine Kerzenflamme angebracht ist. Die Schraube wird zunächst auf 0 eingestellt, und dann die Milch eingefüllt, während man durch Drehen des Oculars von rechts nach links einen Raum zwischen den Gläsern herstellt. Meist sind etwa 2 gr Milch erforderlich. Wenn der innere Raum vollständig mit Milch gefüllt und alle Luft durch Klopfen ausgetrieben ist, sieht man mit einem Auge, bei geschlossenem anderen Auge, durch das Ocular auf die 1 m entfernt aufgestellte Kerzenflamme; die Schraube wird dabei so weit gedreht, bis die Flamme anfängt sichtbar zu werden und dann zurückgeschraubt, bis eben die Flamme wieder verschwindet. Je weniger Grade man nun abliest, um so fettreicher ist die Milch; aus einer empirisch ermittelten Tabelle ist die jeder Anzahl von Graden zugehörige Fettmenge direct zu entnehmen. — Einfacher ist Vogel's optische Methode.[9] Zu derselben sind

Instrument von Donné.

Fig. 62.



Donné's Laktoskop.

Fig. 63.

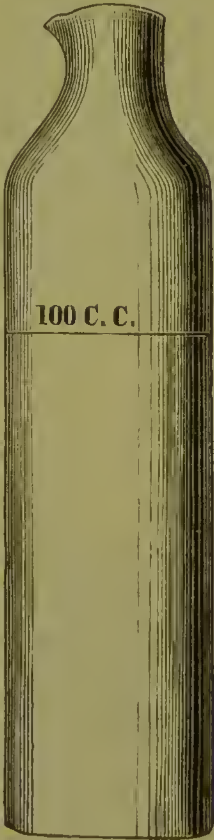
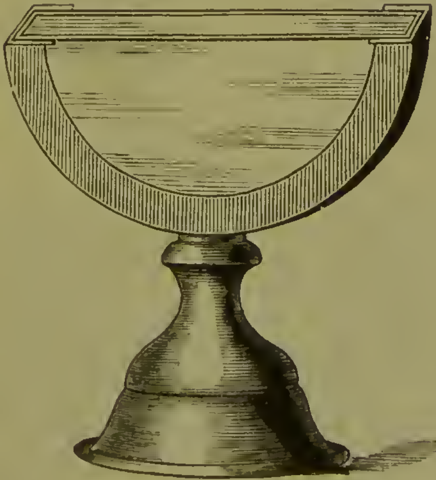


Fig. 64.



Vogel's Milchprobe.

Fig. 65.



erforderlich: ein Mischglas, das bei 100 cc mit Marke versehen ist (Fig. 63), ein oben offenes Probeglas mit feststehenden, parallelen Wandungen, welche genau 5 mm von einander abstehen (Fig. 64), und eine in halbe CC getheilte kleine Pipette (Fig. 65). — Das Mischglas füllt man bis zur Marke mit reinem Brunnenwasser, saugt in die Pipette die zu untersuchende Milch bis zum Nullstrich ein und bringt aus derselben zunächst 3 cc in das Mischglas (bei Rahm beginnt man mit $^1/_2$ cc). Dann schüttelt man das Mischglas, füllt aus demselben das Probeglas und sieht durch letzteres nach der Flamme einer im ziemlich dunkelen Zimmer in 1 m Entfernung aufgestellten Stearinkerze. Ist die Contur der Flamme noch deutlich zu erkennen, so giesst man die Probe zurück, giebt einen weiteren CC Milch ins Mischglas und untersucht aufs neue. So fährt man mit allmählichem Zufügen von $^1/_2$—1 cc Milch fort, bis die Umrisse der Flamme durchaus nicht mehr erkennbar sind. Man addirt dann die zugesetzten Milchportionen und findet den Fettgehalt der Milch nach folgender Tabelle:

Methode von Vogel.

1,0 cc	Milch	entsprechen	23,43 %	Fett.	14 cc	Milch	entsprechen	1,88 %	Fett.
1,5 „	„	„	15,46 „	„	15 „	„	„	1,78 „	„
2,0 „	„	„	11,83 „	„	16 „	„	„	1,68 „	„
2,5 „	„	„	9,51 „	„	17 „	„	„	1,60 „	„
3,0 „	„	„	7,96 „	„	18 „	„	„	1,52 „	„
3,5 „	„	„	6,86 „	„	19 „	„	„	1,45 „	„
4,0 „	„	„	6,03 „	„	20 „	„	„	1,39 „	„
4,5 „	„	„	5,38 „	„	22 „	„	„	1,28 „	„
5,0 „	„	„	4,87 „	„	24 „	„	„	1,19 „	„
5,5 „	„	„	4,45 „	„	26 „	„	„	1,12 „	„
6,0 „	„	„	4,09 „	„	28 „	„	„	1,06 „	„
6,5 „	„	„	3,80 „	„	30 „	„	„	1,00 „	„
7,0 „	„	„	3,54 „	„	35 „	„	„	0,89 „	„
7,5 „	„	„	3,32 „	„	40 „	„	„	0,81 „	„
8,0 „	„	„	3,13 „	„	45 „	„	„	0,74 „	„
8,5 „	„	„	2,96 „	„	50 „	„	„	0,69 „	„
9,0 „	„	„	2,80 „	„	55 „	„	„	0,64 „	„
9,5 „	„	„	2,77 „	„	60 „	„	„	0,61 „	„
10 „	„	„	2,55 „	„	70 „	„	„	0,56 „	„
11 „	„	„	2,43 „	„	80 „	„	„	0,52 „	„
12 „	„	„	2,16 „	„	90 „	„	„	0,48 „	„
13 „	„	„	2,01 „	„	100 „	„	„	0,46 „	„

Modification von Feser.

Das Vogel'sche Verfahren wurde später mehrfach modificirt. Zunächst vereinfachte Feser[10] dasselbe dadurch, dass er Misch- und Probeglas vereinigte. 2 farblose quadratische Glasplatten von etwa 16 cm Seitenlänge werden in einem Abstande von 5 mm von einander durch dazwischen eingebrachte Glasleisten festgekittet, so dass nur am oberen Rand eine kleine Oeffnung ins Innere des Apparats führt (Fig. 67). In dieses Probemischglas werden mit einer Kugelpipette 25 cc reines Brunnenwasser gebracht, wodurch es zu etwa $^3/_4$ gefüllt wird; dann füllt man die feiner graduirte Milchpipette (Fig. 68) bis zum Nullpunkt mit Milch, und lässt letztere zuerst in $^1/_2$ cc, dann tropfenweise in das Probemischglas einlaufen; nach jedem Zusatz wird das Glas mit der linken Hand gut durchgeschüttelt, indem man mit dem Zeigefinger die obere Oeffnung fest verschliesst. Die Milchpipette wird während des ganzen Versuchs nicht entleert und neu gefüllt, sondern bleibt durch

den Zeigefinger der rechten Hand geschlossen, der nur gelüftet wird, wenn man ein neues Quantum Milch der Mischung im Probeglas zufügt. Man erfährt daher durch eine einmalige Ablesung am Ende des Versuchs, der im übrigen wie bei der VOGEL'schen Methode ausgeführt wird, die Gesammtmenge der zugesetzten Milch.

Fig. 66.



Fig. 67.

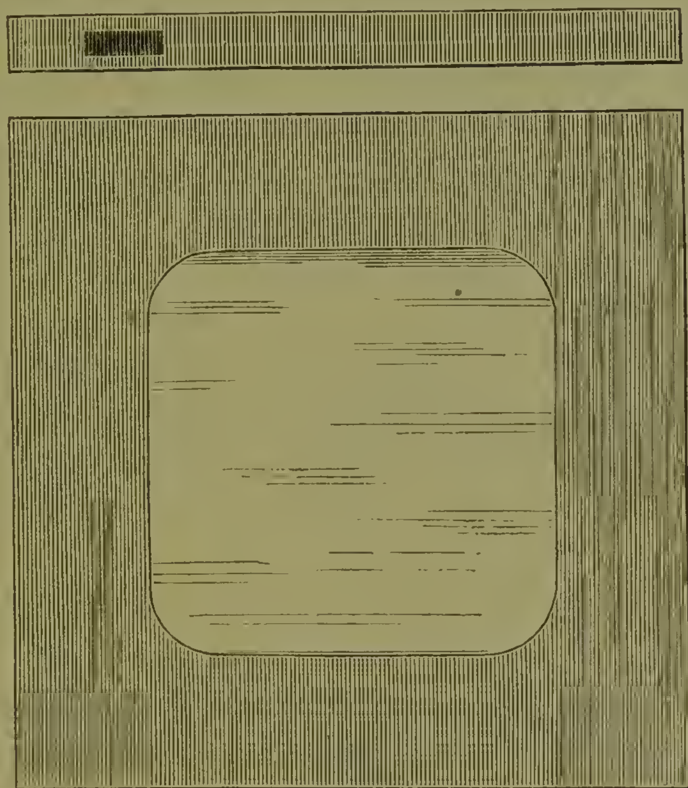


Fig. 68.



Feser-Vogel'sche Milchprobe.

— Statt der Pipette kann man auch eine feingetheilte Bürette zum Einlassen der Milch ins Probeglas benutzen. —

Methode von Hoppe-Seyler.

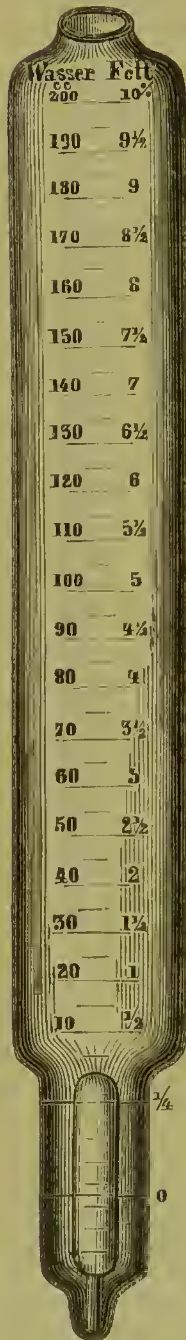
Von HOPPE-SEYLER[11] wurde die VOGEL'sche Probe dahin abgeändert, dass man die mit 9 Theilen Wasser verdünnte Milch in eine Bürette füllt und dann 5—10 cc in ein Glaskästchen mit planparallelen Wandungen einfliessen lässt. Während man dann die Kerzenflamme beobachtet, fügt man allmählich aus einer Bürette Wasser zu, und rührt mit einem Fischbeinstäbchen um, bis das Flammenbild eben deutlich wird. 1 cc guter Kuhmilch muss mit 70 bis 75 cc Wasser verdünnt werden, um durch 1 cm dicke Schicht der Mischung eine Kerzenflamme sichtbar werden zu lassen.

Apparate von Seydlitz und Reischauer.

SEIDLITZ versuchte eine gleichzeitige Beobachtung der Durchsichtigkeit einer im bestimmten Verhältniss verdünnten Milch in verschieden dicken Schichten, und construirte zu dem Zweck ein prismatisches Laktoskop, das aus zwei an der einen Kante im spitzen Winkel zusammenstossenden Glasscheiben besteht; als Scala dient

ein Pappstreifen, der an die eine Glasscheibe angelegt und dessen Länge in genau 30 Theile getheilt ist; jeder dieser 30 Abschnitte ist mit einem Loche versehen. In das Laktoskop giesst man eine Mischung von 5 cc Milch und 95 cc Wasser, und sucht dann, indem man durch die Löcher nach einer Kerzenflamme sieht, das Loch, bei welchem die Flamme eben unsichtbar wird. — Aehnlich ist das REISCHAUER'sche Laktoskop, welches die Form eines oben offenen keilförmigen Kästchens hat; die vordere Glastafel ist in 5 Felder getheilt, durch welche man nach der Kerzenflamme sieht.[12] —

Fig. 69.



Feser's Laktoskop.

Feser's Lactoskop.

In der Absicht, die optische Prüfung namentlich so umzugestalten, dass sie bei Tageslicht ausgeführt werden könne, hat FESER das in Fig. 69 abgebildete Laktoscop construirt. Eine farblose Glasröhre enthält in ihrem unteren verengten Theile einen festgestellten Milchglascylinder, der von der gegenüberliegenden durchsichtigen Wand des äusseren Glasmantels seiner ganzen Höhe und Breite nach 4,75 mm weit entfernt ist und auf einer der Glaswand zugewandten Fläche mehrere schwarze gleichmässig starke Querlinien in bestimmter Entfernung eingebrannt erhält. Die den Milchglascylinder umgebende Glasröhre trägt eine eingebrannte Scala, welche erstens den zur Ausführung der Probe erforderlichen Milchzusatz — bis zum Nullpunkt — angiebt (die Milchmenge beträgt für den zur Milchcontrole bestimmten Apparat genau 4 cc); zweitens an der linken Seite der Graduirung eine Eintheilung in cc für die Messung des zur Endigung der Probe nöthig gewesenen Wasserzusatzes und drittens an der rechten Seite der Scala die aus dem Wasserverbrauch berechneten Fettprocente der untersuchten Milch angiebt. — Zur Prüfung einer Milch werden in eine beigegebene Vollpipette (Fig. 70) 4 cc von der vorher gut gemischten Milch bis zur Marke eingesaugt und darauf ins Innere des Apparats eingelassen; die letzten Tropfen bläst man aus der Pipette heraus. Die Milch reicht dann genau bis zum Nullpunkt der Scala. In den mit der linken Hand aufrecht gehaltenen Apparat kommt hierauf aus einem mit der anderen Hand gehaltenen Gefäss in kleinen Absätzen und unter beständigem Umschütteln so lange gewöhnliches Brunnenwasser, bis die dunkelen Linien des Milchglascylinders gerade deutlich sichtbar werden und abgezählt werden können. An der

Fig. 70.



Scala des Apparats ersieht man dann unmittelbar den zur Ausführung der Probe nöthig gewesenen Wasserzusatz und diesem entsprechend am Niveau der Flüssigkeit gleichzeitig die Fettprocente für die der Untersuchung unterworfenen Milch.

Einige Beobachter haben schliesslich davon Abstand genommen, durch die optische Untersuchung den bestimmten Fettgehalt der einzelnen Milch zu erhalten, sondern haben nur einen Vergleich der zu untersuchenden Milch mit normaler Milch in Bezug auf ihre Durchsichtigkeit angestellt, um danach eine Milch für gut oder für verwerflich zu erklären. Hager führt eine derartige Probe so aus, dass er 11 cc der zu untersuchenden Milch mit Wasser zu 1 Liter auffüllt, mischt, dann mit der Mischung ein Glasschälchen mit flachem Boden und 1 cm hoher senkrechter Wandung füllt, und dieses auf ein Blatt Papier stellt, das ein in fetter Fracturschrift gedrucktes Wort enthält. Bei einer Milch, die 3 % Fett oder darüber enthält, ist ein Lesen des Worts nicht mehr möglich. Zweckmässiger würden sich Täfelchen mit Sehproben (vgl. pag. 237) zu diesem Versuchen verwenden lassen. — Heusner[14] benutzt als Vergleichsobject eine Milchglasplatte von der Durchsichtigkeit einer Milch, deren Fettgehalt auf der untersten zulässigen Grenze sich befindet. Der Heusner'sche Milchspiegel besteht aus zwei geschliffenen Glasscheiben (Fig. 71), welche bei einem Durchmesser von 4,4 cc in der Mitte an ein eingeschobenes, aussen geschwärztes Metallblatt befestigt und durch dieses in einem Abstand von 2 mm von einander entfernt gehalten werden. Der Zwischenraum ist an der einen Seite mit einem Emailglasplättchen ausgefüllt, welches die Weisse und Durchsichtigkeit normaler Kuhmilch zeigt. Der andere Zwischenraum ist leer, dient zur Aufnahme der zu prüfenden Milch und kann mit einem Gummiringe verschlossen werden. — Zur Ausführung eines Versuchs legt man zunächst den beigefügten Gummiring um den Rand des Apparats (wobei jedoch der Ring auf den Rand gespannt, nicht gerollt werden soll, weil er sonst nicht fest schliesst und leicht abspringt). Dann taucht man das Instrument in die zu untersuchende Milch und lüftet gleichzeitig ein wenig den Gummiring über der leeren Hälfte, wodurch sich die Milch sogleich einfüllt. Nach dem Abtrocknen hält man den Apparat gegen helles Tageslicht, und beobachtet ob die schwarzen Linien an der mit Milch gefüllten Hälfte deutlicher und schärfer markirt erscheinen als an der anderen. —

Hager's optische Probe.

Heusner's Milchspiegel.

Fig. 71.

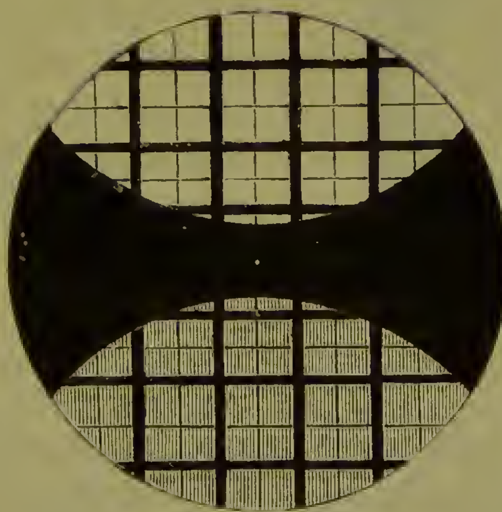


Fig. 72.



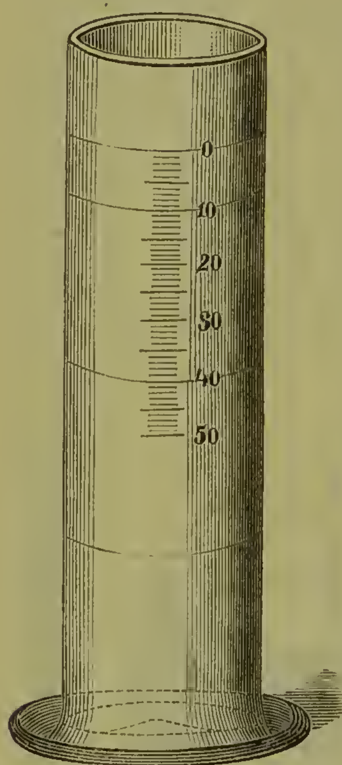
Heusner's Milchspiegel.

Gegen die genannten optischen Methoden sind in neuerer Zeit von vielen Seiten Einwände erhoben. Zunächst sind vergleichbare Resultate nur dann zu erhalten, wenn die Beleuchtungsintensität stets die gleiche ist. Es ist daher ein Arbeiten in einem im übrigen völlig dunkelen und nur von einer genau controlirbaren Lichtquelle erhellten Raume durchaus er-

Leistungsfähigkeit und Fehlerquellen der optischen Methoden.

förderlich; und daher eignet sich die Methode nicht zur augenblicklichen Untersuchung der Milch auf dem Markte. Ferner sind nur die Resultate desselben Beobachters unter einander vergleichbar, da die individuellen Verschiedenheiten des Sehvermögens verschiedener Beobachter erhebliche Abweichungen bedingen; und selbst ein- und derselbe Beobachter muss mit grosser Vorsicht darauf achten, dass sein Auge sich zunächst an die Beleuchtung gewöhnt, ferner dass es nicht ermüdet etc., falls er sichere Resultate erhalten will. — Ausserdem liegt aber den optischen Methoden ein principieller Fehler zu Grunde, der darin besteht, dass die Menge des durchtretenden Lichts wesentlich abhängt von der Zahl der Milchkügelchen, auf die eine gewisse Fettmenge sich vertheilt; sind nur kleine Milchkügelchen vorhanden, — z. B. in der abgerahmten Milch — so erscheint die Milch viel weniger durchsichtig als eine Milch von gleichem Fettgehalt aber grösseren Milchkügelchen, wie solche sich namentlich im Rahm finden. Ausserdem ist es möglich, dass auch die übrigen Milchbestandtheile, wenigstens das Caseïn, nicht ohne Wirkung auf die Durchlässigkeit der Milch für Licht sind.

Fig. 73.



Cremometer.

Die Anwendbarkeit der optischen Methoden ist daher eine sehr beschränkte. Mit Apparaten, die jeder Beobachter für eine bestimmte Lichtquelle und für sein Auge geaicht hat, kann man bei hinreichender Vorsicht hinreichend genaue und mit der chemischen Analyse übereinstimmende Resultate erzielen, vorausgesetzt dass man keine Milcharten zur Vergleichung zieht, die extreme Verschiedenheiten in Bezug auf die Grösse der Milchkügelchen darbieten. Dagegen ist es nicht statthaft auf Grund von Proben, die ohne individuelle Aichung der Apparate und ohne constante Lichtquelle ausgeführt sind, über eine Milch abzuurtheilen.[15]

Methoden der Fettbestimmung durch Messen des Rahm's.

Ausser den optischen Methoden haben noch diejenigen eine sehr grosse Verbreitung erlangt, welche den Fettgehalt der Milch durch Messen des Rahms zu bestimmen suchen. — Das gebräuchlichste hierzu dienende Instrument ist Chevalier's Cremometer (Fig. 73). Dasselbe ist ein cylindrisches Glasgefäss von 25 cm Höhe und einer lichten Weite von 4 cm. Bis zu einer mit 0 bezeichneten Marke enthält der Cylinder 100 cc; vom 0-Strich abwärts sind auf einer Scala 50 Theilstriche eingetragen. Der Zwischenraum zwischen je 2 Theilstrichen

Chevalier's Cremometer.

entspricht 1 cc Inhalt. Das Cremometer wird zum Gebrauch bis zum 0-Strich mit Milch gefüllt, wobei Schaumbildung zu vermeiden ist; dann lässt man es in einem Raume von mittlerer Temperatur 24 Stunden, bei niedriger Temperatur 36—48 Stunden stehen, und liest dann an der Scala die Raumtheile ab, die der Rahm einnimmt. — Auf 1 Procent Fett kommen ungefähr 3,2 Scalentheile des Cremometers; gute Milch muss daher eine zwischen 10—14 Theilstriche hohe Rahmschicht bilden.

Von Krocker ist der in Fig. 74 abgebildete Apparat empfohlen, bei dem flachere Aufrahmgefässe benutzt werden. Dieselben haben einen Durchmesser von 20 cm, sind nach unten stark verjüngt und haben unten eine Ausflussöffnung, die durch einen mit langem Stiel versehenen Glasstöpsel verschlossen werden kann. Drei solcher Glasglocken sind an einem Stativ befestigt. Die Ausführung eines Versuchs Krocker's Cremometer.

Fig. 74.

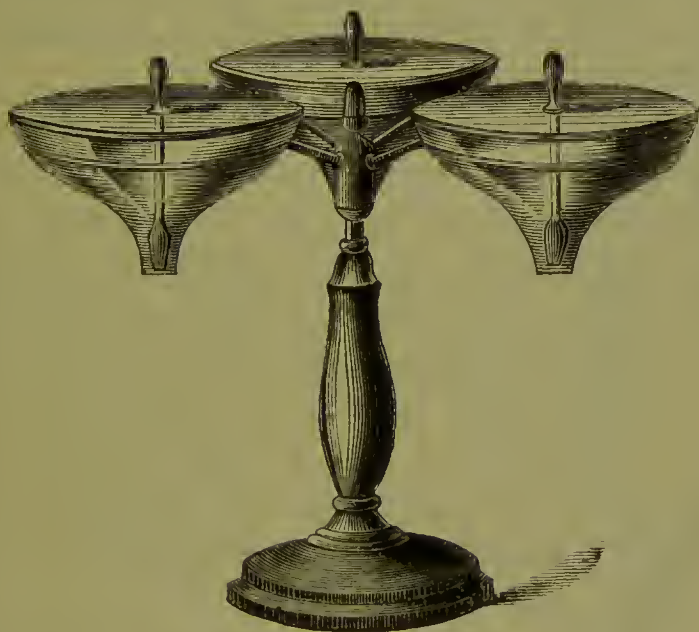
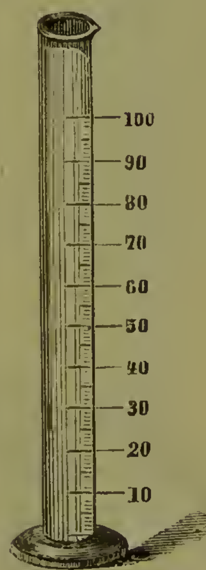


Fig. 75.



Krocker's Cremometer.

geschieht, indem man in einem mit hunderttheiliger Scala versehenen Messglase (Fig. 75) 100 cc genau abmisst, in eine Glocke giesst und 24 Stunden ruhig stehen lässt. Dann lüftet man den Glasstöpsel sehr vorsichtig und lässt die abgerahmte Milch in das untergestellte Messglas so vorsichtig abfliessen, dass kein Rahm mit hineingelangt. Es ist dann am Messcylinder unmittelbar abzulesen, wie viel cc an dem ganzen Volum von 100 cc fehlen und also in Rahm bestehen. 1% Fett sollen ungefähr 3 Volumprocenten Rahm entsprechen.

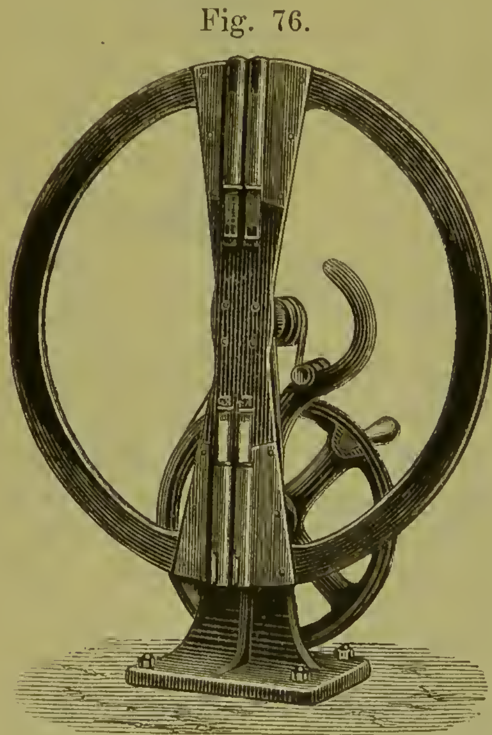
Die Rahmbildung hängt von verschiedenen äusseren Umständen, so von der Form des Gefässes, von der Höhe der Milchschicht, von der Temperatur, von der Zeitdauer ab; ausserdem aber von der besonderen Beschaffenheit der Milch. In letzterer Beziehung kann einmal die Grösse der Milchkügelchen in Frage kommen, von denen die kleineren entsprechend ihrer relativ grösseren Oberfläche stärker durch das Serum zurückgehalten werden, so dass der aus ihrem specifischen Gewicht Fehlerquellen der Cremometer.

resultirende Auftrieb schliesslich compensirt wird und eine Ansammlung der Kügelchen an der Oberfläche nicht mehr stattfinden kann; während die grösseren Kügelchen rasch an die Oberfläche steigen. Dann aber ist auch die Beschaffenheit der übrigen Milch häufig von bedeutendem Einfluss auf die Rahmbildung; namentlich scheint leicht eine Veränderung des Caseïns einzutreten, durch die das Serum zähe wird und zu grosse Widerstände bietet, um ein Aufsteigen der Milchkügelchen zu ermöglichen. — Dementsprechend zeigen chemische Analysen des Milchfetts und Rahmbestimmungen häufig keine Uebereinstimmung. Wenn man die äusseren Umstände möglichst gleichmässig herstellt, gelingt es zwar mit dem Cremometer einen normalen Fettgehalt meist richtig zu erkennen; eine zu geringe Rahmmenge entscheidet dagegen noch nicht mit Sicherheit für einen zu geringen Fettgehalt der Milch, sondern die Milch muss in zweifelhaften Fällen nothwendig noch einer genaueren chemischen Analyse unterworfen werden.

Lefeldt's Centrifugalmilchprober.

Es lag nahe, Angesichts der Fehlerquellen, die für eine vergleichende Bestimmung des Rahmgehalts in der verschiedenen Neigung der Milch zum Aufrahmen liegen, eine Methode zu versuchen, bei welcher durch eine besondere Kraft die Widerstände, die dem Aufrahmen entgegenstehen, möglichst beseitigt werden; es lässt sich erwarten, dass dann die verschiedene Beschaffenheit der Milch in weit geringerem Grade einen Einfluss auf das Resultat ausüben wird. Lefeldt hat in diesem Sinne die Centrifugalkraft zur Abscheidung des Rahms zu benutzen gesucht.

Fig. 76.



Lefeldt's Centrifugal-Milchprober.

Sein Centrifugal-Milchprober besteht aus einem festen eisernen Gestell, das an einen starken Tisch angeschraubt ist (Fig. 76). An dem Gestell ist ein mit Kurbel versehenes Triebrad angebracht, über welches in einer Nute ein endloser Riemen läuft, der zugleich in die Nute eines kleinen Uebertragungsrades eingreift; letzteres ist auf einer Achse, die ihr Lager am oberen Theil des eisernen Gestells hat, aufgekeilt. Der Treibriemen kann dadurch angespannt werden, dass man eine an einen Hebel angebrachte Spannrolle gegen ihn andrückt. Dieselbe Achse, auf welcher das Uebertragungsrad sitzt, trägt nach der anderen Seite des Gestells ein grosses Rad, eine dünne Eisenscheibe im Durchmesser von 48 cm und mit zwei halbkreisförmigen Ausschnitten, so dass nur ein schmaler Rand und ein etwa 8 cm breites, das Rad halbirendes Mittelstück bleibt. An diesem Mittelstück lassen sich vier Gläschen,

nach jeder Seite zwei, in besonderen Haltern anbringen. Die Gläschen sind cylindrisch, an einem Ende offen, am anderen geschlossen, 16 cm lang, 1,5 cm dick und mit einer eingeätzten Scala versehen, welche 1,5 cm vom oberen Rand mit 0 anfängt und am Boden mit 100 endigt; jedoch sind nur von 0—20 und von 80—100 die einzelnen Grade, im übrigen nur die Zehner aufgetragen. Die Gläschen fassen bis zum 0-Punkt der Scala 15 cc. — Man kann zur Untersuchung der Milch zwei neben einander steckende Gläschen gleichzeitig benutzen. Nachdem dieselben bis zum Nullpunkt mit Milch gefüllt, durch Korke verschlossen, und in die für ihre Aufnahme bestimmten Halter gesteckt sind, drückt man die Spannrolle gegen den Treibriemen und setzt das Triebrad mit Hülfe der Kurbel in rotirende Bewegung, die durch den Treibriemen auf das Uebertragungsrad und damit auch auf das auf gleicher Welle sitzende grosse Rad, an welchem die Probirgläschen befestigt sind, übertragen wird; und zwar wird hier eine um so vielmal grössere Umdrehungszahl erreicht werden, als dem Triebrad gegeben wird, um wie vielmal der Durchmesser des Uebertragungsrades kleiner als der des Triebrades ist. Es macht keine besonderen Schwierigkeiten, 600 Umdrehungen des grossen Rades in der Minute zu erzielen. Hat man 20 Minuten lang anhaltend und gleichmässig gedreht, so hört man damit auf, löst die Spannung des Treibriemens, lässt das Rad ruhig auslaufen und hält es schliesslich, wenn es nur noch langsam geht, in einem Moment an, in welchem sich die gefüllten Probirgläser gerade senkrecht unter der Achse des Rades befinden. Man wird jetzt in den aus ihren Haltern herausgenommenen Gläschen eine deutlich abgegrenzte Rahmschicht finden, deren Volumen in Procenten sich mit Hülfe der Scala direct ablesen lässt.[16]

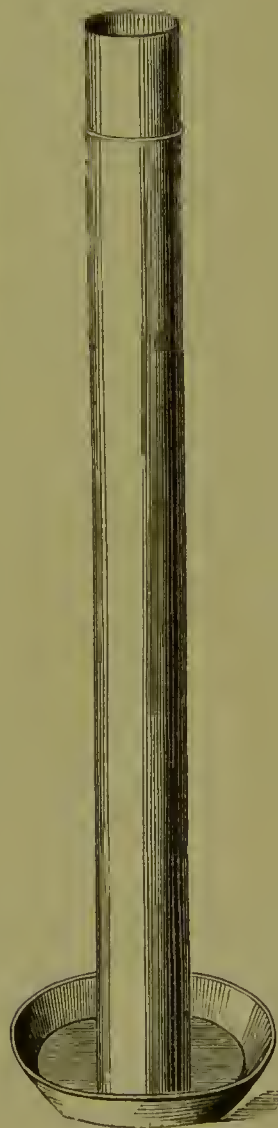
Fig. 77.



Fig. 78.



Fig. 79.



Marchand's Laktobutyrometer.

Das Lefeldt'sche Instrument ist noch zu wenig geprüft, um über seine Befähigung zur Milchprüfung entscheiden zu können. In einer von Krämer und Schulze ausgeführten Versuchsreihe[17] ergaben sich zwar bessere Resultate als mit den vorerwähnten Cremometern, aber doch immerhin bedeutende Differenzen gegenüber der chemischen Analyse. Demnach scheinen die verschiedenen die Rahmbildung beeinflussenden Momente durch die Anwendung des Apparats nicht völlig überwunden zu werden. Uebrigens empfiehlt Krämer, die Milch mit 50 % Wasser zu verdünnen; alsdann soll die Rahmbildung bereits nach fünf Minuten langem Drehen beendet sein. — Für die Marktcontrole ist die Lefeldt'sche Centrifuge schon der schwierigeren Application halber wenig geeignet. Leistungsfähigkeit des Lefeldt'schen Apparates.

Bestimmung des Fettgehalts aus der Höhe der Aetherfettschicht.

Weit genauere Resultate als mit allen bisher beschriebenen, die Fettbestimmung in der Milch anstrebenden Methoden erreicht man mit Hülfe des MARCHAND'schen Lactobutyrometer.[18] In der ursprünglichen Form besteht dasselbe aus einer 30 cm langen etwa 12 mm weiten und etwa 40 cc fassenden unten geschlossenen Glasröhre (Fig. 77); 3 Marken theilen den Inhalt der Röhre vom unteren Ende ab in 3 mal je 10 cc. Die oberste Abtheilung ist auch noch in Zehntel und die obersten 4 Zehntel sind noch in Hundertel getheilt. Die zu untersuchende Milch füllt man zunächst bis zur ersten Marke ein; dann fügt man 2–3 Tropfen einer 25 $^{0}/_{0}$ igen Natronlauge zu, um demnächst eine leichtere Auflösung des Fettes zu bewirken; darauf giesst man bis zur zweiten Marke Aether ein, verschliesst die Röhre mit dem Daumen und schüttelt kräftig. Das in der Milch vorhandene Fett wird nun vom Aether gelöst; darauf fügt man noch bis zur obersten Marke Weingeist von 86—90 $^{0}/_{0}$ zu und schüttelt abermals kräftig. Lässt man jetzt stehen, so scheidet sich die Flüssigkeit in 2 Theile, unten das Milchserum, oben die Mischung von Weingeist und Aether; das Fett befindet sich in letzterer, aber der mit Weingeist vermischte Aether vermag das Fett nicht mehr in Lösung zu halten und dasselbe scheidet sich daher in Form kleiner Tröpfchen aus, die Anfangs die Flüssigkeit trüben, allmählich aber sich an der Oberfläche sammeln. Um dies Aufsteigen des Fettes zu erleichtern, stellt man das Instrument in ein Wasserbad bei 40°, bis die Fettschicht nicht mehr zunimmt. Alsdann nimmt man das Glasrohr aus dem Wasserbade heraus und liest die Höhe der Fettschicht ab. Ein kleiner Bruchtheil des Fettes bleibt immer in der Aether-Weingeistmischung gelöst, für je 10 cc Milch etwa 0,126 gr Fett. Dies Verhältniss ändert sich sofort, wenn mehr oder weniger Aether angewendet wird; daher muss die Menge von 10 cc genau eingehalten, und darf namentlich nicht überschritten werden. — Das oben sich abscheidende Fett ist kein reines Fett, sondern nur eine concentrirte Aetherfettlösung, von der 1 cc = 0,233 gr. Fett enthält. — Als Wasserbad wird ein enges cylindrisches Blechgefäss (2,5 cm weit) benutzt, dessen Höhe 1 cm weniger beträgt als die des Glasrohrs; das Blechgefäss steht in einer kleinen Schale, in der Weingeist angezündet wird, um das bis zur halben Höhe in das Gefäss eingefüllte Wasser auf 40° zu erwärmen. (Fig. 79).

Marchand's Lactobutyrometer.

Salleron's Modification.

Da das Gemisch von Milch, Aether und Weingeist, welches eigentlich bis zur obersten Marke reicht, beim Durchschütteln sich contrahirt und nachher nicht mehr auf dem Nullpunkt einsteht, hat SALLERON die Aenderung getroffen, dass die feine Graduirung der obersten Abtheilung fortbleibt und statt dessen ein sogenannter Läufer, auf den die Scala eingravirt ist, jedesmal zum Zweck des Ablesens auf die Glasröhre geschoben wird. Der Läufer (Fig. 78) ist 5,5 cm lang; der oberste Punkt der Scala, der auf die Oberfläche der Aetherfettschicht eingestellt wird, ist mit 12,6

bezeichnet, weil 0,126 gr Fett in 10 cc, also 12,6 gr im Liter in Lösung bleiben und nicht zur Abscheidung gelangen, aber dennoch mit gemessen werden sollen; weiter erstreckt sich dann die Graduirung bis 95: man liest ab, mit welcher Zahl die untere Fläche der Aetherfettschicht abschneidet und ersieht aus dieser unmittelbar den Fettgehalt in Grammen pro 1 Liter Milch.

Modification von Tollens und Schmidt.

Nach Tollens und Schmidt[19] geht die Abscheidung des Fettes mit dem vorgeschriebenen Alkohol von 86—90 Vol. Proc. nicht so leicht von statten, wie mit Alkohol von 91—93 Procent; und ferner ist die Temperatur, bei welcher man abliest, von grossem Einfluss auf die Resultate, indem, falls die Röhre zu warm ist, ein grosser Theil der Fettschicht in der darunter befindlichen alkoholisch-ätherischen Schicht gelöst bleibt. Tollens und Schmidt bringen daher die Röhre zum Ablesen in Wasser von nur 20° und verwenden Alkohol von 91 Procent; ausserdem lassen sie den Zusatz von Natronlauge fort und operiren mit einem Glasgefäss, welches in der Gegend der obersten Marke sehr verjüngt und hier mit einer feinen Scala versehen ist, die eine genaue Abmessung der Aetherfettschicht ermöglicht — Die Ausführung einer Milchprobe erfolgt demnach in der Weise, dass man wie oben 10 cc Milch und 10 cc Aether einfüllt, dann mit passendem Kork verschliesst, kräftig schüttelt, einige Male den Kork lüftet und so lange mit dem Schütteln fortfährt, bis Milch und Aether eine gleichmässige Flüssigkeit bilden. Dann giebt man 10 cc Alkohol von 91 Procent hinzu und schüttelt nun unter zeitweisem Lüften des Korks so lange, bis keine Klümpchen von gefälltem Caseïn mehr zu sehen sind, sondern alles mit gleichmässig körnigen Flöckchen erfüllt ist, die sich demnächst am Boden absetzen. Während des Schüttelns erwärmt man den mit Wasser zur Hälfte gefüllten Blechcylinder, bis ein eingesenktes Thermometer eine Temperatur des Wassers von 40° anzeigt (oder bereitet auch in einem beliebigen Glascylinder eine Wassermischung von solcher Temperatur); in diesem Wasser lässt man dann den Lactobutyrometer 5—10 Minuten stehen, bis die meisten Fettkügelchen aufgestiegen sind; sodann bringt man ihn in einen Cylinder mit Wasser von 20° und lässt ihn darin etwa 1 Stunde stehen. Die Höhe der Aetherfettschicht liest man nun an der in Zehntel- oder halbe Zehntel-Cubikcentimeter getheilten Scala ab. Um aus den Resultaten sofort die Procente Fett zu erhalten, dient die beistehend abgedruckte, von Tollens-Schmidt zusammengestellte Tabelle.

Ausführung der Methode.

Methode von Adam.

Eine weitere Modification hat die lactobutyrometrische Methode durch Adam[20] erfahren. Derselbe benutzt eine Glasröhre von 40 cc Inhalt, die oben mit einem Korke verschlossen, in der Mitte bauchig aufgeblasen, am unteren Ende verengt und mit einem Hahn versehen ist. In diese Glasröhre füllt man 10 cc 75 procentigen Weingeist, welcher 0,5 % Aetznatron gelöst enthält, 10 cc neutralisirte Milch und 12 cc reinen Aether. Man schüttelt, lässt fünf Minuten stehen und hat nun zwei Schichten, eine obere klare, welche alle Butter, eine untere opalescirende, welche

Zehntel-cc Aetherfettschicht.	g Fett in 100 cc Milch.	Zehntel-cc Aetherfettschicht.	g Fett in 100 cc Milch.	Zehntel-cc Aetherfettschicht.	g Fett in 100 cc Milch.	Zehntel-cc Aetherfettschicht.	g Fett in 100 cc Milch.	Zehntel-cc Aetherfettschicht.	g Fett in 100 cc Milch.	Zehntel-cc Aetherfettschicht.	g Fett in 100 cc Milch.
1	1,339	10	3,175	19	5,306	28	9,506	37	13,988	46	18,470
1,5	1,441	10,5	3,277	19,5	5,483	28,5	9,755	37,5	14,237	46,5	18,719
2	1,543	11	3,379	20	5,660	29	10,004	38	14,486	47	18,968
2,5	1,645	11,5	3,481	20,5	5,837	29,5	10,253	38,5	14,735	47,5	19,217
3	1,747	12	3,583	21	6,020	30	10,502	39	14,984	48	19,466
3,5	1,849	12,5	3,685	21,5	6,269	30,5	10,751	39,5	15,233	48,5	19,715
4	1,951	13	3,787	22	6,518	31	11,000	40	15,482	49	19,964
4,5	2,053	13,5	3,889	22,5	6,767	31,5	11,249	40,5	15,731	49,5	20,213
5	2,155	14	3,991	23	7,016	32	11,498	41	15,980	50	20,462
5,5	2,257	14,5	4,093	23,5	7,265	32,5	11,747	41,5	16,229	50,5	20,711
6	2,359	15	4,195	24	7,514	33	11,996	42	16,478	51	20,960
6,5	2,461	15,5	4,297	24,5	7,763	33,5	12,245	42,5	16,727	51,5	21,209
7	2,563	16	4,399	25	8,012	34	12,494	43	16,976	52	21,458
7,5	2,665	16,5	4,501	25,5	8,261	34,5	12,743	43,5	17,225	52,5	21,707
8	2,767	17	4,628	26	8,510	35	12,992	44	17,474		
8,5	2,869	17,5	4,792	26,5	8,759	35,5	13,241	44,5	17,723		
9	2,971	18	4,956	27	9,008	36	13,490	45	17,972		
9,5	3,073	18,5	5,129	27,5	9,257	36,5	13,739	45,5	18,221		

allen Zucker und das Caseïn enthält. Letztere wird nun bis auf etwa 1 cc abgelassen; dann schüttelt man von neuem, lässt wieder fünf Minuten stehen und lässt den Rest der unteren Schicht abfliessen. In der butterhaltigen Lösung bestimmt man sodann das Fett gewichtsanalytisch; die andere Lösung füllt man mit Wasser zu 100 cc auf, setzt 10 Tropfen Essigsäure zu, filtrirt das nun flockig abgeschiedene Caseïn und wägt es, und bestimmt den Zucker mit Fehling'scher Lösung.

Die mit dem Lactobutyrometer erhaltenen Resultate sind im ganzen befriedigend, da sie etwa 94% des vorhandenen Fettes nachweisen. Jedenfalls ist diese Methode die einzige, welche sich zu einer raschen, eventuell auch für die Marktcontrole tauglichen Fettbestimmung der Milch eignet. — Die Methode von Adam soll zwar noch genauere Resultate liefern, erfordert aber so viel Laboratoriumsarbeiten, dass sie bei einer raschen Prüfung der Milch nicht verwendet werden kann; für eine Bestimmung im Laboratorium stehen aber andere genauere Methoden zu Gebote. Leistungsfähigkeit des Lactobutyrometers.

Weiter gehende Schlüsse auf die Zusammensetzung der Milch sind namentlich aus einer Combination der Resultate der specifischen Gewichtsbestimmung und der Fettbestimmung gezogen. So gehen die unten erwähnten Rechnungen von Behrend und Morgen darauf hinaus, den Trockensubstanzgehalt der Milch zu berechnen, wenn das specifische Gewicht und die Fettmenge bekannt ist. Ebenso kann man in der Berechnung von Clausnitzer und Mayer (s. unten) specifisches Gewicht und Fettmenge als Bekannte, Trockensubstanz als Unbekannte einsetzen und dadurch zu demselben Resultate gelangen.

c) Ausführliche chemische Analyse. 1) Bestimmung des Wassers resp. der Trockensubstanz. Trocknet man Milch bei 110° bis keine Gewichtsabnahme mehr erfolgt, so tritt bereits Bräunung und demnach Zersetzung der Substanz ein; freilich scheinen die dabei möglichen Verluste sehr geringfügig zu sein. Genauere Resultate erhält man, wenn man in Liebig'schen Röhren im Wasserstoffstrom, oder im Vacuum über Schwefelsäure trocknet. — Ein schnelleres Trocknen gelingt nach v. Baumhauer,[21] wenn man das abgemessene Milchvolumen auf Filter bringt, welche mit reinem, geglühtem Sand gefüllt und mit diesem gewogen sind, und dann bei etwa 70° im Luftstrom trocknet; die Operation ist dann innerhalb 4—5 Stunden beendet. Nach Ritthausen[22] nimmt man 2—3 gr Milch zu 15—20 gr Sand in einem kleinen Tiegel und rührt die Mischung während des Trocknens wiederholt mit einem kleinen Glasstäbchen um; nach etwa 2 Stunden wird dann schon Gewichtsconstanz erreicht. — Haidlen[23] empfahl 10 cc Milch mit einer genau gewogenen Menge (1—2 gr) von reinem, trockenen Gips zu mengen und im Luftbad oder über Schwefelsäure im Vacuum zu trocknen. Gerber[24] erhielt etwas niedrigere Zahlen für die Trockensubstanz, wenn er die abgewogene Milch mit Essigsäure und Alkohol verdampfte, das Coagulum noch ziemlich feucht an den Wandungen der Schale vertheilte und schliesslich bei 100—110° im Luftbad trocknete. Nach 6stündigem Trocknen trat meist Gewichtsconstanz ein. — Eine sehr rasch und leicht ausführbare und annähernd (bis etwa 0,1%) genaue Bestimmung ist nach F. Schulze

c) Ausführliche chemische Analyse.

Bestimmung des Wassergehalts.

möglich, wenn man 0,4—0,5 gr in einer Platinschale genau abwägt, die Schale dann mit der Pincette fasst und über einer ganz kleinen Gasflamme vorsichtig hin und herbewegt, bis alles Wasser verdunstet ist und der Rückstand sich gelb gefärbt hat. Nach dem Erkalten wägt man wieder.[25]

Anmerkung. Für sehr genaue Analysen ist es zweckmässiger, die zur Analyse benutzten Milchmengen zu wägen, statt zu messen; die verschiedene Füllung der Pipetten bewirkt unvermeidliche Fehler von 0,1—0,2 %. Ferner müssen die Pipetten wo möglich auf Milch, nicht auf Wasser geaicht sein, da bei gleicher Füllung die ausfliessenden Mengen beider Flüssigkeiten sich etwas verschieden verhalten.

Bestimmung der Eiweissstoffe

2) Bestimmung der Eiweissstoffe. Dieselben können entweder durch Fällungsmittel abgeschieden, oder aus dem Stickstoffgehalt bestimmt werden, oder aber sie sind aus der Differenz zu berechnen.

nach Hoppe-Seyler.

Hoppe-Seyler verdünnt 20 cc Milch auf 400 cc, fügt unter Umrühren sehr verdünnte Essigsäure zu, bis sich ein flockiger Niederschlag bildet, leitet dann $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde einen CO_2-Strom in die Flüssigkeit, und lässt einige Stunden bis Tage bedeckt stehen; das niedergeschlagene Caseïn-Fett wird dann auf gewogenem Filter gesammelt, mit Aether und Alkohol zur Entfernung des Fetts, das im gesammelten abfliessenden Aether gesondert bestimmt werden kann, gewaschen, getrocknet und gewogen. Die vom Caseïn abfiltrirte Flüssigkeit enthält noch das Albumin; dieses wird durch Kochen coagulirt und ebenfalls auf gewogenem Filter gesammelt. — Später wurden andere Fällungsmittel in Vorschlag gebracht, so Glaubersalz, essigsaure Tanninlösung. Alle diese auf der Fällung der Eiweisskörper beruhenden Methoden bieten eine gewisse Unsicherheit in Bezug auf ihre Resultate, weil einerseits die vollständige Fällung sehr abhängig zu sein pflegt von dem Eiweissgehalt der Milch und von der Concentration und Menge des Fällungsmittels, und weil andererseits das ausgefällte Eiweiss entweder Spuren von Fett hartnäckig zurückhält oder bei sehr lange fortgesetztem Auswaschen wieder theilweise in Lösung geht.[26]

Methode von Ritthausen.

Die besten Resultate scheint neuerdings die von Ritthausen[27] empfohlene und von mehreren Seiten geprüfte Methode zu geben. Dieselbe beruht auf der vollständigen Ausfällung gelöster Eiweissstoffe durch Kupferoxyd; man setzt zu der entsprechend verdünnten Milch ein Kupfersalz, z. B. schwefelsaures Kupferoxyd und gleich darauf eine hinreichende Menge Alkali, um das Salz zu zersetzen und Kupferoxyd zu fällen. Man benutzt zweckmässig eine Kupfervitriollösung von bestimmtem Gehalt und eine Alkalilösung, die so eingestellt ist, dass 10 cc derselben 10 cc der Kupferlösung entsprechen; um die gesammte Menge des zugesetzten Salzes zu fällen, braucht man jedoch nur etwa $^7/_{10}$ der berechnete Alkalimenge, weil Triphosphate und freies Alkali der Milch einen Theil des Kupfersalzes zersetzen. Mit dem Zusatz der Kalilauge muss man sehr vorsichtig vorgehen, da die Flüssigkeit in keinem Falle alkalisch reagiren darf, sondern neutral oder schwachsauer sein muss; beim geringsten Alkaliüberschuss wird ein Theil des Caseïnkupfers löslich, und die Flüssig-

Princip.

keit bleibt trübe und bläulich; während im entgegengesetzten Falle rasch Absitzen des Niederschlags und Klärung erfolgt. — Die erforderlichen Lösungen bereitet man durch Auflösen von 63,5 gr reinem schwefelsaurem Kupferoxyd zum Liter (10 cc dieser Lösung entsprechen = 0,2 gr Kupferoxyd), und durch Auflösen von etwa 50 gr Aetzkali im Liter Wasser; letztere Flüssigkeit wird auf Grund eines Vorversuchs dann noch so weit verdünnt, dass 10 cc genau 10 cc der Kupferlösung vollständig zersetzen.

Zur Ausführung des Versuchs fügt man zu 10 cc Milch, die auf 200 cc verdünnt wurden, 5 cc der Kupferlösung und dann Kalilösung bis zu dem oben bezeichneten Punkte. Sobald der Niederschlag sich abgesetzt hat und die überstehende Flüssigkeit völlig klar und farblos geworden ist, filtrirt man durch ein gewogenes Filter; das Filtrat kann zur Zuckerbestimmung nach Fehling benutzt werden; der Niederschlag enthält alle Eiweissstoffe und alles Fett. Letzteres muss durch Auswaschen mit Aether entfernt werden; um dies vollständig zu erreichen, muss der Niederschlag auf dem Filter vorsichtig mit einem Spatel aufgerührt, dann langsam bei niederer Temperatur getrocknet und wieder aufgerührt werden. Da es schwer ist, hierbei das Filter zu conserviren, so füllt man den losgelösten Niederschlag zweckmässig in ein anderes Filter und fügt das klein zerschnittene erste Filter hinzu; sodann giesst man zunächst noch etwas absoluten Alkohol auf, der den Niederschlag vollständig trocknet und lockert, der aber schon etwas Fett löst und daher nach dem Ablaufen aufbewahrt und der Aetherlösung zugefügt wird. Das Filter wird darauf in einen der oben (pag. 329) beschriebenen Entfettungsapparate gebracht und mit Aether vollständig extrahirt. Der Rückstand, der nunmehr nur aus Eiweiss und Kupferoxyd besteht, wird 1—2 Stunden bei 125° getrocknet und gewogen; dann vorsichtig geglüht bis zur vollständigen Verbrennung der Proteïnsubstanz und das Gewicht des zurückbleibenden Kupferoxyds von dem vorhin erhaltenen Gewichte abgezogen. Man kann die Kupfermenge des Niederschlags nicht aus der ursprünglich zugesetzten Menge berechnen, sondern muss in jedem Einzelfalle den glühbeständigen Rückstand bestimmen, weil dieser ausser dem zugefügten Kupfer noch wechselnde Mengen von Phosphorsäure und Schwefelsäure enthält. — Der Glührückstand ist in jedem Falle auf einen Gehalt an Kohle zu untersuchen, und falls ein solcher gefunden wird, ist derselbe durch Wägung auf einem gewogenen Filter zu bestimmen und die gefundene Menge dem Glühverlust, also der Proteïnsubstanz zuzurechnen. Ausführung.

Ausser den Fällungsmethoden ist häufig die N-Bestimmung der Milch zur Ermittelung ihres Eiweissgehalts in Anwendung gezogen, jedoch ohne befriedigenden Erfolg. Während Nencki und Lacheval die Resultate der Fällung mit Essigsäure und der N-Bestimmung nach Dumas über- Eiweissbestimmung aus dem Stickstoffgehalt.

einstimmend finden, behauptet LIEBERMANN, dass die Fällungsmethoden, ausser der durch essigsaure Tanninlösung, stets zu geringe Werthe geben und dass wiederum die Natronkalkverbrennung viel geringere Resultate gebe als die DUMAS'sche Methode; ebenso fand MUSSO [28] stets ein erhebliches Deficit bei Anwendung des WILL'schen Verfahrens.

Ausführung der Elementaranalyse.

Weitere Versuche haben darüber zu entscheiden, ob diese Abweichungen wirklich in principiellen, nicht vermeidbaren Fehlern der Methode ihren Grund haben. — Die Verbrennung mit Natronkalk oder Kupferoxyd erfolgt nach den pag. 324 dargelegten Regeln. Die abgewogene Milch wird mit Sand, Gyps, Kaolin oder dgl. eingetrocknet, verrieben und mit dem Natronkalk gemengt. MUTER [29] empfiehlt das von FRANKLAND für die Wasseranalyse angewandte Verfahren; er füllt ein kleines Filter mit frisch geglühtem Kupferoxyd, trocknet bei 100°, lässt dann fünf Tropfen der zu analysirenden Milch so auf das Kupferoxyd fallen, dass das Papier nicht benetzt wird, wägt wieder, trocknet und wägt nochmals; dann wird der Inhalt des Trichters in einem erwärmten Glasmörser mit mehr Kupferoxyd gemischt und weiterhin genau nach FRANKLAND's Vorschriften verfahren. —

Indirecte Bestimmung der Albuminate.

Die Schwierigkeiten der directen Bestimmung der Albuminate haben Anlass gegeben, dass man versucht hat, dieselben indirect zu ermitteln, indem man von der Gesammtmenge der festen Bestandtheile der Milch die Summe der direct bestimmten übrigen Stoffe (Fett, Zucker, Asche) abzieht. So kann man nach HAIDLEN den mit Gyps eingetrockneten Rückstand zunächst im Extractionsapparat mit Aether extrahiren; man wägt den Rückstand wiederum und dunstet auch das Filtrat ab; beide Zahlen ergeben die Fettmengen. Dann extrahirt man den Rückstand wiederholt mit heissem Alkohol, der Milchzucker und einige Salze löst; man wägt wie vorhin sowohl den Gewichtsverlust des Rückstandes, wie den abgedunsteten Alkoholextract. Endlich verascht man den Rückstand des Alkoholextractes und bestimmt ausserdem in einer anderen Portion der Milch den Gesammtaschengehalt. Letzterer, vermindert um die Asche des Alkoholextracts, giebt die in Alkohol unlöslichen Salze, die den Eiweissstoffen noch anhaften; diese Menge + Gips, abgezogen von dem letzerhaltenen Gewicht des Rückstandes (Caseïn, Albumin, Gips und Salze) giebt die Menge von Casein und Albumin. — Ein Einwand gegen diese Methode ergiebt sich aus dem geringen Lösungsvermögen des Alkohols für Milchzucker; vielleicht führt die gesonderte Zuckerbestimmung in einer anderen Milchportion zu genaueren Resultaten.

Lehmann's Caseïnbestimmung.

Zur Bestimmung des Caseïn's allein ist von LEHMANN [30] empfohlen, die Milch durch Thonplatten einsaugen zu lassen, und so das Caseïn allein zurückzubehalten. Thonplatten, die sehr sorgfältig ausgewählt sein müssen und nicht zu grosse Poren haben dürfen, werden aus einer Spritzflasche mit der Milch bespritzt; nach ein bis zwei Stunden wird der Rückstand mit einem gut zugeschärften Hornspatel abgenommen, auf ein Filter gebracht, mit Aether entfettet, gewogen, verascht und das Gewicht der Asche abgezogen. Die Resultate sind nur bei geeigneten feinporigen Thonplatten befriedigend. — Ferner ist von MANETTI und MUSSO [31] ein Verfahren an-

gegeben, um die durch Lab fällbare Caseïnmenge zu bestimmen, indem bei einer Temperatur von 35—40° einige Tropfen Glycerin-Lablösung zugesetzt werden.

3) Die Fettbestimmung erfolgt entweder durch Extraction der mit Sand etc. eingetrockneten Milch mittelst Aether; oder durch Extraction des Coagulums der Eiweisskörper; oder endlich indirect durch Berechnung aus der Differenz. Fettbestimmung.

Im ersten Fall verfährt man am besten nach Soxhlet's [32] Methode, nach welcher 10 cc Milch in einer etwa 100 cc fassenden Porcellanschale mit circa 20 gr gebranntem Gips, unter 2—3maligem Durchrühren mit dem Spatel, auf dem Wasserbade verdampft werden. Nach circa 30 Minuten kann man die trockene Masse verreiben und mit einem Papierfilter in den pag. 329 beschriebenen Apparat bringen. Extraction der eingetrockneten Milch.

Sollen die gefällten, das Fett einschliessenden Eiweisskörper zur Fettbestimmung benutzt werden, so liefert Ritthausen's Methode die genauesten Resultate. Man extrahirt den nach pag. 370 hergestellten Rückstand im Extractionsapparat vollständig mit Aether, dunstet die die Filtrate ab und wägt. Extraction des Eiweiss-coagulums.

Etwas abweichend ist das Verfahren von Hoppe-Seyler. 20 cc Milch werden in einer gut verschliessbaren Flasche mit 20 cc ziemlich starker Natronlauge und mit 50—100 cc Aether vermischt; dann schüttelt man gut um, lässt etwa $^1/_2$ Stunde stehen und giesst oder hebert die ätherische Fettlösung in einen trockenen Glaskolben; sodann wird die alkalisch gemachte Milch mit neuen Portionen Aether gewaschen, bis letzterer kein Fett mehr aufnimmt. Die ätherische Lösung wird dann abgedunstet und der Rückstand bei 110° getrocknet gewogen. Verfahren von Hoppe-Seyler.

Indirect ist das Fett der Milch am leichtesten zu bestimmen, wenn man die gewogene Menge der Eiweissstoffe + Fett wägt, mit Aether extrahirt und wieder wägt; die Differenz ergiebt die Fettmenge. Bei dieser indirecten Methode umgeht man das Abdampfen des ätherischen Extracts, das wegen des Heraufdestillirens des Aethers am Glase unter Umständen zu Fehlern führen kann. — Eine andere indirecte Fettbestimmung gründen Clausnitzer und Mayer [33] auf die Bestimmung der Trockensubstanz und des specifischen Gewichts. Nach Berechnungen erhöht jedes Procent an Nichtfett in der Trockensubstanz das specifische Gewicht der Milch um 0,00375, während je 1 % Fett das specifische Gewicht der Milch um 0,001 erniedrigt. Wenn nun x die procentische Menge an Fett, s das specifische Gewicht und t die procentische Trockensubstanz bedeutet, so ist $1 + (t - x)\ 0{,}00375 - s = x \cdot 0{,}001$, folglich $x = t \cdot 0{,}789 - \frac{s - 1}{0{,}00475}$. — Eine ähnliche Berechnung haben Behrend und Morgen aufgestellt.[34] Indirecte Berechnungen der Fettmenge.

Den Fettbestimmungen, die auf der Extraction des Trockenrückstandes durch Aether beruhen, haftet ein Fehler dadurch an, dass eine nicht zu den Fetten gehörige, röthliche Tropfen bildende Substanz mit in den ätherischen Auszug übergeht, deren Character und Menge noch nicht näher bekannt ist.[35] — Fehlerquelle der Fettextractionen.

Eine grosse, den beschriebenen Analysen fast gleichkommende Genauigkeit,

wird auch mit dem MARCHAND'schen Lactobutyrometer erreicht, das aber wegen seiner vorzugsweisen Verwendung zur marktpolizeilichen Milchprüfung bereits oben bei der abgekürzten Milchanalyse beschrieben wurde.

Bestimmung des Milchzuckers

4) Der **Milchzucker** wird meistens durch FEHLING'sche Lösung oder mit dem Polarisationsapparat bestimmt.

mittelst der Fehling'schen Methode.

Im ersten Fall benutzt man das Filtrat vom Albumin und Caseïn (vgl. pag. 370), welche gleichzeitig nach hinreichendem Verdünnen mit Wasser durch Essigsäure und Erhitzen gefällt werden können, oder man nimmt die bei der RITTHAUSEN'schen Methode von Caseïnkupfer abfiltrirte Flüssigkeit. Man füllt dann das gemessene Filtrat entweder in eine Bürette und titrirt 10 cc FEHLING'scher Lösung bis zur Entfärbung; oder man setzt letztere im Ueberschuss zu (auf 0,25 gr Milchzucker etwa 40 cc der Lösung), vermischt mit so viel Wasser, dass das Volumen 160—200 cc beträgt, kocht 4 Minuten auf dem Sandbade, filtrirt durch ein Asbestfilter und verfährt weiter nach pag. 335. — Neuere Untersuchungen haben ergeben, dass die Menge des erhaltenen Kupferoxyduls abhängig ist von der Dauer der Erhitzung, von der Verdünnung der Lösungen und von dem vorhandenen Ueberschuss an FEHLING'scher Lösung. — Auch eine Invertirung des Milchzuckers führt nicht zu ganz genauen Resultaten, da neben Traubenzucker durch die Invertirung Galactose gebildet wird, eine Zuckerart, die andere Kupfermengen reducirt als Dextrose.[3]

Fehlerquellen derselben.

Mittelst Circumpolarisation.

Zur Bestimmung mittelst Circumpolarisation füllt man nach HOPPE-SEYLER ein Probirglas von 20 cc Inhalt zweimal mit der zu untersuchenden Milch und dann einmal mit einer Lösung von Bleizucker von mittlerer Concentration; man giesst alles zusammen, schüttelt um, und erhitzt über kleiner Flamme zum Kochen, während man die Oeffnung des Kochkolbens so weit verschliesst, dass keine stärkere Verdunstung von Wasser stattfindet. Dann lässt man erkalten und filtrirt bei bedecktem Trichter in ein Cylinderglas. Das klare, sehr schwach gelbliche Filtrat neutralisirt man, wenn es stark sauer ist, annähernd mit kohlensaurem Natron und füllt damit sodann die Röhre des Circumpolarisationsapparats. (Vgl. pag. 337.) Die am VENTZKE'schen Apparat abgelesene Drehung, auf Traubenzucker berechnet, muss mit 1,44 multiplicirt werden, um den Gehalt an Milchzucker zu geben; denn 9,61 gr Milchzucker in 100 cc bewirken dieselbe Drehung wie 10 gr Dextrose in 100 cc, und ausserdem war die Milch durch die Bleilösung auf $\frac{3}{2}$ Vol. verdünnt, folglich $\frac{3}{2} \cdot \frac{9,61}{10} = 1,44$. —

Methoden der Milchzuckerbestimmung von Gscheidlen.

GSCHEIDLEN[37] hat auf die Braunfärbung, welche Milchzucker durch Kochen mit Natronlauge erleidet, quantitative Bestimmungen des Zuckers gegründet. Entweder kann man den Zuckergehalt colorimetrisch bestimmen; alsdann stellt man sich zunächst eine Normallösung her, indem man eine 4—5procentige Milchzuckerlösung mit dem gleichen Volum Natronlauge von 20 % verdünnt und 2—3 Minuten kocht. Dann misst man 10 cc der zu untersuchenden Milch ab, fügt 10 cc der Natronlauge zu, kocht ebenfalls 2—3 Minuten und filtrirt. Darauf misst man von der so behandelten Milch und von der Normallösung je 1 cc in ein planparalleles Glaskästchen und verdünnt mit je 4 cc Wasser. Nun vergleicht man die Farbe beider

im durchfallenden Licht und fügt zu der dunkleren Lösung so lange Wasser aus einer Bürette, bis Farbengleichheit erzielt ist. Den Zuckergehalt x findet man schliesslich nach der Gleichung $x = 2\ (n + 1) \cdot y$, wo n die Anzahl der zur Verdünnung verwandten CC, y den procentischen Gehalt der Normallösung bei 1 cm Dicke der Schicht anzeigt. — Zweitens kann man den Zuckergehalt der mit Natronlauge behandelten Milch auch mit dem Spectralapparat nach VIERORDT quantitativ bestimmen. Hierzu muss man den Extinctionscoëfficienten und das Absorptionsverhältniss einer mit Natronlauge behandelten Milch von bekanntem Zuckergehalt ein für allemal feststellen; sodann lässt sich der unbekannte Gehalt einer ebenso behandelten Milch aus dem jeweiligen Extinctionscoëfficienten ableiten. —

5. Aschenbestimmung. Die Veraschung der getrockneten Milch geht bei längere Zeit angewandter schwacher Glühhitze ohne Schwierigkeiten von statten. Im Uebrigen hat die Analyse vollkommen nach den pag. 343 gegebenen Vorschriften zu erfolgen; für eine vollständige, auch das Chlor einschliessende Analyse ist der vorgängige Zusatz von kohlensaurem Natron durchaus erforderlich. *Bestimmung der Asche.*

Die Untersuchung fremder Zusätze zur Milch erstreckt sich auf Zusatz von Brunnenwasser; von Mehl, Stärke, Dextrin etc.; von Alkalien, welche zugesetzt sind, um Säurebildung der Milch zu verdecken; von Conservirungsmitteln; endlich von Metallen, welche die Milch aus Geschirren aufgenommen haben kann. Andere Zusätze, die angeblich in der Milch nachgewiesen sind, kommen jedenfalls so selten vor, dass sie durchaus kein allgemeineres Interesse beanspruchen können. *Prüfung der Milch auf fremde Zusätze.*

Brunnenwasser wird in grösseren Mengen durch das Lactodensimeter nachzuweisen sein; dasselbe liefert namentlich sichere Anhaltspunkte, wenn die spec. Gewichtsbestimmung sowohl in ganzer, wie in der abgerahmten Milch vorgenommen wird und beide Male eine unter der Norm liegende Zahl ergiebt. Sicherer ist ein abnormer Wassergehalt durch die im Laboratorium ausgeführte Bestimmung der Trockensubstanz zu erweisen. Da aber häufig auch ohne Zusatz von Wasser die Milch — namentlich von unzweckmässig genährten oder kranken Kühen — abnorm hohe Zahlen für den Wassergehalt zeigt, so ist ein sicherer Beweis einer Fälschung auf diesem Wege nicht zu führen. *Nachweis einer Beimengung von Brunnenwasser.*

Besser gelingt dies, wenn dem zugesetzten Wasser selbst Merkmale anhaften, die dasselbe mit Sicherheit wieder erkennen lassen. So enthält z. B. die Milch nur Spuren von schwefelsauren Salzen (0,3% der Gesammtasche SO_3 im Mittel); in Gegenden, wo reichlich Sulfate im Brunnenwasser vorkommen, wird daher ein Wasserzusatz durch eine Bestimmung der Schwefelsäure zu entdecken sein. Man trocknet zu diesem Zwecke circa 50 cc Milch ein, verkohlt und extrahirt die Asche und verfährt weiter nach pag. 343 resp. pag. 283. — Auch das Verhältniss der einzelnen Aschenbestandtheile zu einander kann vielleicht Anhaltspunkte für einen Nachweis von zugesetztem Wasser geben; so scheint in der Milchasche eine wenig schwankende Relation zwischen Chlor und Phosphorsäure zu bestehen, und diese würde durch den Zusatz stark Chlor-haltigen Wassers erheblich gestört werden. — *Durch Bestimmung der Schwefelsäure.*

Zum Nachweis von Stärke und Dextrin coagulirt man die Eiweissstoffe durch Essigsäure, filtrirt und dampft auf etwa $^1/_4$ ein; das so concentrirte Serum prüft *Nachweis von Dextrin.*

Nachweis von Alkalien, man mit den oben (pag. 340) angegebenen Reagentien. — Zusätze von **Alkalien** (Kreide, Kalkmilch, Soda, doppeltkohlensaures Natron) erkennt man in grösserer Menge durch Lacmuspapier; bei geringer Menge coagulirt man 50 cc Milch mit 70 procentigem Weingeist, filtrirt, dampft das Filtrat ein und übergiesst mit Salzsäure; ein Aufbrausen deutet auf Zusatz kohlensaurer Alkalien oder Erden. Der genauere und quantitative Nachweis erfolgt nach den Regeln der Aschenanalyse. — Als Conservirungsmittel der Milch werden hauptsächlich **Salicylsäure** und **Borsäure** und deren Salze verwendet. Um erstere nachzuweisen coagulirt man die Milch mit 70 procentigem Alkohol, dampft ein, filtrirt und schüttelt das Filtrat mit Aether aus; den ätherischen Auszug prüft man mit Eisenchlorid; rothviolette Färbung zeigt Salicylsäure an. — Borsäure erkennt man, wenn man das eingeäscherte Serum der Milch mit schwefelsäurehaltigem Alkohol übergiesst, kocht und anzündet, an dem grünlichen Flammensaum. — Die **Metalle**, die in der Milch vorkommen können, sind namentlich Blei und Zink. Die coagulirte Milch wird filtrirt, eingedampft, und dann direct nach pag. 300 geprüft; oder der Nachweis wird in der Asche geführt.[38] — Auch manche medicamentöse Stoffe können in der Milch nachgewiesen werden. —

(Randnotizen: von Salicylsäure, von Borsäure.)

d) Mikroskopische Untersuchung der Milch.

d) **Mikroskopische Milchprüfung.** Bei der mikroskopischen Untersuchung der Milch sieht man das Gesichtsfeld gefüllt mit den sphärischen, stark lichtbrechenden Milchkügelchen, deren Durchmesser zwischen 0,017 und 0,01 mm schwankt. — In älterer Milch bilden sich grössere, unregelmässiger geformte Butterkügelchen und die Begrenzung der Milchkügelchen wird weniger scharf. —

Verhalten der Milch unter dem Mikroskop.

Boussingault stellte seine Erfahrungen über das Verhalten verschiedener Milch unter dem Mikroskope in folgenden Sätzen zusammen[39]: 1) In normaler Milch sind in grosser Masse Butterkügelchen vorhanden; sie berühren einander, freie Zwischenräume sind nur wenig und in geringer Ausdehnung vorhanden. 2) In gebutterter Milch treten die spärlicheren Kügelchen in isolirten Gruppen auf und erscheinen etwas heller. 3) In abgerahmter Milch sind nur minimale Mengen von Butterkügelchen vorhanden. 4) Gebutterter Rahm enthält zahlreiche sehr kleine Kügelchen, die ein verschwommenes Bild liefern, weil die Flüssigkeit durch kleine suspendirte Theilchen, welche coagulirtem Caseïn gleichen, ziemlich undurchsichtig ist. — In neuerer Zeit hat man das Mikroskop vielfach zu Hülfe gezogen, um aus der Menge der Milchkügelchen über den Fettgehalt der Milch Aufklärung zu erhalten; und man hat behauptet, dass schon ein erheblicher Wasserzusatz oder eine theilweise Entfettung der Milch aus dem mikroskopischen Bilde erkannt werden könne, das sich bei reiner Milch etwa wie Fig. 7 auf Tafel III, bei verdünnter Milch wie Fig. 8 darstellen soll.

Fehlerquellen und Schwierigkeiten der mikroskopischen Untersuchung.

Jedoch stösst eine mikroskopische Untersuchung, welche solche Differenzen nachweisen will, auf sehr grosse Schwierigkeiten. Es ist unmöglich, ohne besondere complicirende Apparate eine gleichmässig dünne Schicht der Milch zur Ansicht zu bekommen, welche nicht im einen Bild mehr, im anderen weniger Milchkügelchen aus höheren oder tieferen Schichten des Objects gleichzeitig in das Gesichtsfeld bringt. Ferner sind vielfache Parthieen desselben Objects und eventuell mehrere Präparate von derselben Milch zu untersuchen, weil sonst unmöglich der durchschnittliche Gehalt an Milchkügelchen erkannt werden kann; dann aber ist es sehr schwer, nur nach dem subjectiven Eindruck der stärkeren oder geringeren Anfüllung des Gesichtsfeldes einen sicheren Schluss auf die Menge der Milchkügelchen zu

ziehen. Nur Extreme, wie abgerahmte und volle Milch, werden bestimmte Unterscheidung zulassen; die Erkennung einer theilweisen Entrahmung oder einer Verdünnung der Milch wird auf solche Weise kaum möglich sein.

Ausführung der Untersuchung.

Die Untersuchung würde so zu erfolgen haben, dass von der gut gemischten Milch 2—3 möglichst gleich grosse, kleine Tropfen auf das Objectglas gebracht, mit einem Deckglas bedeckt, und dann mit einer Vergrösserung von 3—400 untersucht werden. — Bouchut[40] wandte (speciell für Frauenmilch) folgendes genauere Verfahren an: Mittelst Tropfenzählers werden 1 Tropfen der Milch und 10—100 Tropfen einer 1 procentigen Kochsalzlösung in eine Zelle von $^1/_{10}$ mm Tiefe unter das Mikroskop gebracht, in dessen Ocular eine quadrillirte Platte von $^1/_5$ mm Seitenlänge eingefügt ist; aus der Menge der gezählten Milchkügelchen des ganzen Quadrates, im Mittel aus 3 verschiedenen Zählungen, berechnet man die in einem Cubikmillimeter enthaltenen Milchkügelchen. — Auch bei einer derartigen Methode der Untersuchung würden die zu der nothwendigen sorgfältigen Ausführung erforderliche Zeit und Mühe in keinem Verhältniss zu den erreichten Resultaten stehen.

Abnorme mikroskopische Befunde.

Ausser auf Veränderungen in der Menge der normalen Milchbestandtheile hat die mikroskopische Untersuchung dann noch auf das Vorkommen einiger anderer Objecte in der Milch zu achten. Dahin gehören die Colostrumkörperchen, die 4—5 mal so gross wie Milchkügelchen erscheinen; ferner kommen Blut- oder Eiterzellen zuweilen zur Beobachtung. — In Milch, welche bereits Zersetzungserscheinungen zeigt, finden sich ausserdem Massen von Mikroorganismen verschiedenster Formen, deren nähere Differenzirung noch nicht möglich ist. In frischer, normaler Milch zeigen sich nur vereinzelte Organismen.

Untersuchung der Frauenmilch.

Anhang. Frauenmilch; Milchsurrogate. Ist von Frauenmilch ein hinreichendes Material zu beschaffen, so erfolgt die Analyse im wesentlichen nach den eben beschriebenen Methoden. Nur ist eine vollständige Fällung der Eiweisskörper in der Frauenmilch weit schwieriger als in der Kuhmilch; auch die Ritthausen'sche Methode soll sich nach Gerber nicht unter Einhaltung der oben angegebenen Mengenverhältnisse auf Frauenmilch anwenden lassen, sondern dieselbe muss in der Weise modificirt werden, dass 5 cc Milch mit 100 cc Wasser und dann mit 3 cc der Kupferlösung vermischt werden, welche man mit 2,5—3 cc der Kalilösung zersetzt. Das sehr feinflockige Coagulum lässt sich dann gut abfiltriren und weiter wie oben behandeln.[41] — Ueber die Bestimmung des Stickstoffs durch Elementaranalyse vgl. pag. 371. — Die geringen Quantitäten Frauenmilch, die meistens nur zu Gebote stehen, haben zu dem Versuch geführt, die mikroskopische Untersuchung und namentlich die Zählung der Milchkügelchen für analytische Zwecke zu verwerthen; jedoch ohne befriedigenden Erfolg. — Conrad empfiehlt, zu einer raschen, approximativen Milchuntersuchung, wo möglich 30—100 cc durch die Milchpumpe oder durch Ziehen mit Zeigefinger und Daumen zu entleeren, und in möglichst frischem Zustande dann zu bestimmen: 1) die Reaktion; 2) das specifische Gewicht mit einem Aräometer, das nur 10 cc Flüssigkeit als Minimum erfordert; 3) das qualitative mikroskopische Verhalten (Form, Begrenzung, durchschnittliche Grösse der Milchkügelchen; letztere soll 0,0088 bis 0,0198 mm betragen); 4) den Fettgehalt mit einem Lactobutyrometer nach Marchand, der für nur 5 cc Milch eingerichtet ist; die Methode ergab im

Mittel 92% des durch die chemische Analyse nachweissbaren Fettes. Normale Frauenmilch soll 3—4% Fett enthalten. —

Untersuchung der condensirten Milch und der Milchmehle.

Condensirte Milch ist entsprechend mit Wasser zu verdünnen und dann wie frische Milch zu behandeln. Die Trennung der Zuckerarten (Rohrzucker und Milchzucker) ist nach pag. 339 u. 340 zu versuchen. — Auf Prüfung der Reaction und eventuell quantitative Bestimmung des Säuregehalts nach pag. 353 ist Bedacht zu nehmen.

Milchmehle, die vorzugsweise als Kindernahrungsmittel verwandt werden, sind fast genau nach dem oben gegebenen allgemeinen Schema der Analyse von Nahrungsmitteln zu untersuchen. — Ein kleiner Bruchtheil der Substanz, der aus Caramel oder ähnlichen Producten besteht, entzieht sich der Analyse; in den stark caramelhaltigen braun gefärbten Kindernahrungsmitteln von flüssiger syrupdicker Consistenz, ist vielleicht eine annähernde colorimetrische Bestimmung nach dem pag. 233 beschriebenen Princip möglich.

Hygienische Bedeutung der Milchuntersuchung.

Bedeutung der Milchuntersuchung. Die Methoden der Milchanalyse haben in Vorstehendem eine so eingehende Besprechung erfahren, weil gegenwärtig der Milchcontrole ein besonderes Interesse entgegengebracht wird, das freilich weniger aus den unmittelbaren Gefahren für die Gesundheit entspringt, welche die Milchverfälschung verursachen könnte, als vielmehr aus dem Bestreben, sich gegen pecuniäre Verluste zu schützen und dem Betrug entgegenzutreten. — Gesundheitsschädigungen können entstehen durch die Milch kranker Thiere, die z. B. an Maul- und Klauenseuche, an Perlsucht etc. leiden; doch sind die Veränderungen welche die Milch dabei erfährt, so wenig charakteristisch, dass aus der chemischen Analyse keine dieser Krankheiten zu erkennen ist. Höchstens kann eventuell die mikroskopische Untersuchung Veränderungen der Milchkügelchen, Eiterkörperchen etc. zeigen. — Ferner kann Milch möglicherweise als Träger von Infectionsstoffen fungiren, die aber selbstverständlich der Analyse noch nicht zugänglich sind. Endlich ist in Gährung oder Fäulniss übergegangener Milch, die am zweckmässigsten durch die Vorprüfung erkannt wird, als gesundheitsschädlich anzusehen.

Die chemische Analyse richtet ihre Aufmerksamkeit vor allem auf eine Veränderung der Mengenverhältnisse der normalen Milchbestandtheile; auf eine Verminderung des Fetts und eine Vermehrung des Wassers. Durch eine solche Veränderung wird in den seltensten Fällen eine Beeinträchtigung der Gesundheit bewirkt werden, da durch das Nahrungsbedürfniss eine Regulirung erfolgt, so lange die Zufuhr an Milch nicht auf ein bestimmtes Maass beschränkt wird. Dagegen entsteht selbstverständlich durch eine solche minderwerthige Milch eine Benachtheiligung des Publikums, der mit vollem Recht durch eine scharfe Milchcontrole entgegengetreten wird.

Schwierigkeiten eines sicheren Nachweises der Verfälschungen.

Leider ist letztere sehr schwierig durchzuführen.[42] In den meisten Fällen ist die veränderte Zusammensetzung der Milch nur durch aus-

führliche chemische Analyse zu erkennen, und auch dann bleibt zuweilen ein Zusatz von Wasser noch zweifelhaft (vgl. pag. 375). Für die zu Markt gebrachte Milch kann man allerdings annehmen, dass sie durch das Zusammenmischen vieler Milchsorten meistens eine gewisse Durchschnitts-Zusammensetzung haben muss, und niemals Minimal- oder Maximalzahlen aufweisen kann. Es wird daher zulässig sein, eine derartige gemischte Milch als verdächtig anzusehen, wenn sie von der durchschnittlichen Zusammensetzung erheblich abweicht; namentlich geht man sicher, wenn die Durchschnittsziffer nur für die betreffende Gegend, mit Berücksichtigung der dortigen Fütterung, ferner der Jahreszeit etc. aufgestellt ist. — Schwieriger ist es, eine Milch zu beurtheilen, die nicht mit anderer gemischt, sondern nur einer Kuh oder den Kühen eines Kuhstalls entnommen ist. In solchem Falle ist es indicirt die Stallprobe anzuwenden, die darin besteht, dass man am gleichen oder spätestens am folgenden Tage die Kühe, von denen die verdächtige Milch stammt, unter Aufsicht melken lässt und dann die frischgemolkene Milch mit der verdächtigen vergleicht. Dabei sind die Kühe gut auszumelken; ferner ist nur die Milch von gleichen Tageszeiten vergleichbar. Die Untersuchung kann sich dabei meist auf die Bestimmung des specifischen Gewichts beschränken, die wo möglich in ganzer und in abgerahmter Milch vorgenommen wird. Eventuell ist noch die Fettbestimmung mit dem Lactobutyrometer vorzunehmen.

Prüfung einer durchmischten Marktmilch.

Prüfung der Milch einzelner Kühe.

Stallprobe.

Im Uebrigen sei auf die im Folgenden mitgetheilten Grundsätze verwiesen, welche E. Sell, W. Kirchner, v. Klenze, P. Vieth, F. Soxlet, Orth und Wittmack als maassgebend für eine Beurtheilung der Milch aufgestellt haben:[43]

Grundsätze für eine Beurtheilung der Milch.

1) Die Bestimmung des specifischen Gewichts der Milch mittelst eines amtlich geprüften Aräometers mit möglichst weiter Scala (Ausdehnung der Scala 25—36, Intervalle 5 mm), unter Berücksichtigung der vorhandenen Temperatur-Correctionstabellen, bietet bis jetzt das einzige Mittel rasch verdächtige Milch zu entdecken. Instrumente mit willkürlicher Scala sind nirgends zulässig.

2) Milch, deren specifisches Gewicht (welches nach allen bis jetzt vorliegenden Erfahrungen unter normalen Verhältnissen der Haltung und Fütterung des Viehs nur in den seltensten Fällen über die Grenze von 1,029 bis 1,033 hinausgeht) ausserhalb dieser Grenzen liegt, ist als verdächtig anzusehen und der chemischen Analyse zu unterwerfen, wobei der Chemiker die näheren Umstände, besonders die localen Verhältnisse eingehend zu prüfen hat.

3) Es erscheint als unbedingt nöthig, dass der mit der Untersuchung betraute Chemiker sich eine möglichst genaue Kenntniss der Haltung und Fütterung des Milchviehs, sowie der Verhältnisse des Milchhandels innerhalb des Bezirks, auf welchen sich seine Thätigkeit erstreckt, verschaffe. Dadurch, dass er über ein grösseres Material derartiger Beobachtungen verfügt, wird sein Urtheil wesentlich an Sicherheit gewinnen.

4) Bei der Entnahme der zur Prüfung dienenden Milchquantitäten ist sorgfältigst darauf Rücksicht zu nehmen, dass dieselben auch wahre Durchschnittsproben darstellen. Die Prüfung der Milch darf nicht bei Temperaturen über 25° vorgenommen werden.

5) Falls ein Instrument länger als ein Jahr in Gebrauch bleiben sollte, ist dasselbe wiederholt auf seine Richtigkeit zu prüfen.

6) Ein einigermassen sicherer Rückschluss auf den Fettgehalt der Milch aus der nach irgend welchen Methoden ermittelten Rahmmenge ist unmöglich.

7) Wenn irgend thunlich, soll in zweifelhaften Fällen die Stallprobe gemacht werden; hierbei ist ganz besonders auf das Ausmelken der Kühe Gewicht zu legen.

8) Da die auf Undurchsichtigkeit der Milch beruhenden optischen Methoden im Princip falsch sind, erscheinen sie für die polizeiliche Controle unbrauchbar.

9) Eine Verurtheilung kann nur dann stattfinden, wenn sämmtliche vorstehend angeführte Umstände (Probenahme, Benutzung der Instrumente) die gehörige Berücksichtigung fanden.

10) Abgesehen von der Untersuchung der Milch auf das specifische Gewicht, ist dieselbe auch noch daraufhin zu prüfen, ob sie nicht nach anderer Richtung (abnormes Verhalten in Bezug auf Aussehen, Geruch, Geschmack u, dergl.) gegründeten Verdacht zur Beanstandung bietet.

11) Ergiebt sich ein Verdacht, so hat der controlirende Beamte eine Durchschnittsprobe vorschriftsmässig zu entnehmen, und dieselbe dem Chemiker zu überweisen. Da es unmöglich ist, die Verfälschung der Milch sofort festzustellen, so ist von der Confiscation Abstand zu nehmen, sofern die Milch nicht Erscheinungen zeigt, welche an reiner, normaler Milch nicht beobachtet werden.

Bezüglich der Feststellung der Verfälschung haben sich dieselben Fachmänner über folgende Grundsätze geeinigt:

1) Die Feststellung der Verfälschung kann durch chemische Analyse beziehentlich durch Stallprobe erfolgen.

2) Es ist für den Sachverständigen unumgänglich nöthig, sich an Minimalzahlen zu halten; für Fett soll als Minimalzahl 2,5% festgestellt werden; es ist wünschenswerth, dass ausserdem das Verhältniss von Eiweiss zu Fett Berücksichtigung finde; dieses Verhältniss glauben wir vorläufig auf 100 Eiweiss zu 80 Fett feststellen zu können.

3) Die Stallprobe bietet nur durch die vergleichende Feststellung des specifischen Gewichtes sichere Anhaltspunkte und ist möglichst am folgenden Tage, spätestens nach Verlauf von 48 Stunden vorzunehmen und darf sich nur auf Milch beziehen, welche von gleichen Melkzeiten stammt.

In den meisten Fällen wird es möglich sein, auf Grund des specifischen Gewichtes, sowie des Fettgehalts der Milch oder auch auf Grund der Stallprobe ein definitives Urtheil abzugeben; im anderen Falle wird es nothwendig sein auf eine weitergehende analytische und mikroskopische Prüfung der Milch zurückzugreifen.

Eine absolute Gewissheit in allen Fällen zu erlangen, ist nicht möglich, selbst nicht auf Grund einer vollständigen chemischen Analyse. Princip des Vorgehens muss aber sein, die Fälschungen auf das möglichst geringe Maass zurückzuführen und die Verurtheilung Unschuldiger mit möglichster Sicherheit auszuschliessen. — Magermilch muss als solche bezeichnet sein. —

Literatur. Vgl. folgende Specialschriften über Milch resp. Milchanalyse: B. Martiny, Die Milch, ihr Wesen und ihre Verwerthung, 2 Bände. Bremen 1871.

— Vieth, Die Milchprüfungs-Methoden und die Controle der Milch in Städten. Bremen 1879. — Gerber und Radenhausen, Vorschläge zu einer einheitlichen Untersuchungsmethode der Milch. Schweiz. Woch. f. Pharmacie, 1879. 37—41. — Gerber, Chemisch-physikalische Analyse der verschiedenen Milcharten und Kindermehle, Bremen 1880. — Freytag, Werner u. A., Die Kuhmilch etc. Bonn 1879. — Feser, Die polizeiliche Controle der Marktmilch, Leipzig 1878. — Schacht, Ueber Milchanalysen. Verh. d. deutsch. Ges. f. öff. Ges. 1878. 15. April. — Kirchner, Beiträge zur Kenntniss der Kuhmilch, V. f. öff. Ges. 10, 329. — Cooke, Ueber Milchanalyse, Med. Press and Circular, 1876. Sept. — Notter, Ueber Milchanalysen, Sanit. Record 5, 67. — Armstrong, Lancet 2, 277. — Pribram, Viertelj. f. prakt. Pharm. 16, 183. — 19, 365. — Goppelsröder, Verh. d. Basler naturf. Ges. 1866. — Millon und Comaille, C. R. 59, 301. — Simler, Prüfung der Milch. Anleitung etc. Aarau 1869. — Chr. Müller, Die Prüfung der Kuhmilch, Bern, Haller. 2. Aufl. 1877. — Schulze & Krämer, Schweiz. landw. Zeitschr. 1874. 1875. — Bouchardat und Quevenne, Du lait. Paris 1857. — Im Folgenden sind namentlich die Schriften von Feser, Vieth, Gerber mehrfach benutzt worden; auch den beigefügten Holzschnitten liegen zum Theil Abbildungen aus den genannten Werken zu Grunde. 2) Soxhlet, Landw. Versuchsstat. 19, 1. — 3) Liebreich, Chem. Ber. 1, 48. — 4) Diese Methode ist zur Säurebestimmung im Harn etc. ungefähr seit 1874 im F. Hofmann'schen Laboratorium in Gebrauch. — 5) Dörffel's Milchwaage, beschrieben von Otto. Ann. d. Chem. 1857. 57. — Bouchardat & Quevenne, Du lait, Paris 1857. — Chr. Müller, Die Prüfung etc. Bern 1877. — Feichtinger, Bayer. Kunst- u. Gewerbebl. 1858. 193. — Goppelsröder, Verh. d. naturf. Ges. zu Basel 1866. 147. — Wittstein, Viert. f. prakt. Pharm. 12, 31. — Eisbein's Milchmesser, N. Corr. Bl. f. öff. Ges. 7, 70. — Sacc, Polyt. Notizbl. 29, 80. — Merklen, Pharm. Centralh. 15, 129. — 6) Reichelt, Bayer. Kunst- u. Gewerbebl., 1860, 706. — Reisenbichler, Zeitschr. geg. Verf. d. Lebensm. 2, 98. — 7) Geissler, Zeitschr. f. anal. Ch. 18, 489. — Petri & Muencke, Deutsche Patentschrift No. 7477. — Zeitschr. f. anal. Ch. 19, 224. — Donné, C. R. 17, 1843. — 9) Vogel, Eine neue Milchprobe. Erlangen 1862. — Dingl. Journ. 156, 44. — 167, 62. — Polyt. Notizblatt 1863. 43. — Pharmac. Centralh. 1868. 248. — Casselmann, Dingl. Journ. 168, 226. — Mitth. f. d. Gewerbever. in Nassau 17, 25. — Zeitschr. f. anal. Ch. 2, 447. — Erdmann, Arch. f. Pharm. 132, 220. — Bichlmayer, Zeitschr. f. Biol. 1, 216. — 10) Feser, Die polizeiliche Controle der Marktmilch, Leipzig 1878. — 11) Hoppe-Seyler, Arch. f. pathol. Anat. 27, 394. — 12) nach Vieth, l. c. — 13) Feser, l. c. p. 75. — Deutsche Zeitschr. f. Thiermed. u. vgl. Pathol. 4, 124. — 14) Heusner, Nied. Corr. Bl. 6, 75. — V. f. öff. Ges. 1877, 43. — 15) Vgl. Heeren, Dingl. Journ. 193, 396. — Boorhoeve, Forschungen auf dem Gebiete der Viehhaltung etc. 1879. 271. — Du Roi, ibid. 1879. 326. — Schmidt & Tollens, ibid. 1879. 251. ref. in Zeitschr. f. anal. Ch. 19, 336. — 16) Nach Vieth, l. c. p. 35. 17) Krämer & Schulze, Schweiz. landw. Zeitschr. 1874. 1875. — 18) Marchand, Instruction sur l'emploi du lacto-butyromètre, Paris 1856 und 1878. Vgl. auch Al. Müller, Zeitschr. f. anal. Ch. 2, 107. — 11, 285. — 19) Schmidt & Tollens, Centralbl. f. Agriculturchem. 12, 226. — Journ. f. Landwirthsch. N. F. 1, 361. — Zeitschr. f. anal. Ch. 17, 238. — 19, 363. — Tollens & Grote, Journ. f. Landw. 27, 145. — 20) Adam, C. R. 87, 290. — Bull. soc. chim. de Paris 32, 271. — Zeitschr. f. anal. Ch. 19, 362. — 21) v. Baumhauer, Journ. f. prakt. Chem. 84, 145. — Archives Néerland. des Scienc. 4, 239; ref. in Zeitschr. f. anal. Ch. 9, 422. — — 22) Ritthausen, Journ. f. prakt. Chem. (2). 15, 329. — 23) Haidlen, Ann.

Ch. Pharm. 54, 273. — 24) Gerber, Schweiz. Wochenschr. f. Pharm. 1879. 37—41. — 25) Vgl. E. Schulze, Schweiz. Landw. Zeitschr. 1875. — Milchzeitung 1875. 14. 26) v. Nencki, Chem. Ber. 1875. 1046. — Gerber, Chem. Ber. 1877. — Christenn, Sitz. Ber. d. phys. med. Soc. zu Erlangen 1877. — Z. f. anal. Chem. 16, 354. — Liebermann, Sitz. Ber. d. Wien. Ak. d. Wiss. 1875. — Zeitschr. f. anal. Ch. 15, 113. — 27) Ritthausen, l. c. — 28) Musso, Zeitsch. f. anal. Ch. 16, 406. — 29) Muter, Lancet 1, 6. — Zeitschr. f. anal. Ch. 11, 351. — 30) Lehmann, Ann. d. Ch. 189, 358. — 31) Manetti & Musso, Zeitschr. f. anal. Ch. 16, 402. — 32) Soxhlet, Dingl. Journ. 232, 461. — 33) Clausnizer u. A. Mayer, Forschungen auf d. Geb. d. Viehhaltung etc. 1879. 265. — Zeitschr. f. anal. Ch. 19. 367. — 34) Behrend & Morgen, Journ. f. Landw. 27, 249. — 35) Manetti u. Musso, Zeitschr. f. anal. Ch. 16, 397. — 36) Rodewald u. Tollens, Chem. Ber. 11, 2076. — 37) Gscheidlen, Arch. f. Phys. 16, 131. — 38) Näheres s. Elsner, Polyt. Notizbl. 1866. 254. — 39) Boussingault, Ann. Chim. Phys. (4). 25, 382. — Zeitschr. f. anal. Ch. 11, 334. — 40) Bouchut, Ann. de Gynécologie, 1877. 455. — Gaz. d. hôp. 1878. 9. — 41) Gerber u. Radenhausen, l. c. — Schmidt, Centralzeitung f. Kinderheilkunde 1, 142. — Schukoffsky, Chem. Ber. 5, 75. — Zeitschr. f. Biol. 9, 432. — Brunner, Arch. f. Phys. 7, 445. — Conrad, Die Untersuchung der Frauenmilch etc. Bern. 1880. — 42) Vgl. Heusner, Viert. f. öff. Ges. 1877. Heft 1. — 43) Industrieblätter 1879. 155.

3. Butter, Käse.

3) Untersuchung der Butter.

Die Analyse der Butter weicht im Ganzen wenig von dem oben gegebenen analytischen Schema ab.

Wasser- und Fettbestimmung.

Zur Wasserbestimmung trocknet man bei 110°; wenn man mit grosser Vorsicht verfährt, kann man auch die grösste Menge des Wassers über freier Flamme austreiben, hat dann aber durch fortwährendes Umrühren und zweckmässige Regulirung der Flamme dafür zu sorgen, dass kein Umherspritzen der Flüssigkeit stattfindet. Zur Fettbestimmung nimmt man den getrockneten Rückstand in Aether auf; die ätherische Lösung prüft man nach pag. 330 auf freie Fettsäuren. Nach dem Fortgehen des Wassers sind Caseïn, Milchzucker, Salze abgeschieden und der Aether lässt diese ungelöst auf dem Filter; man wägt dieselben, verascht und wägt wieder; die Asche zieht man von der Summe von Caseïn, Milchzucker und Salzen ab und erhält so das Gewicht von Caseïn plus Milchzucker. Sollen letztere noch getrennt werden, so ist in einer anderen Portion entweder der Milchzucker zu bestimmen, oder der Rückstand, der beim Extrahiren mit Aether auf dem Filter bleibt, ist mit essigsäurehaltigem Wasser auszuwaschen, welches das Caseïn ungelöst lässt. — Neben Caseïn, Zucker und Salzen können eventuell fremde Beimengungen auf dem Filter zurückbleiben; man prüft daher den Rückstand auf Mehl etc. und bestimmt letzteres quantitativ nach Ueberführen in Zucker.

Prüfung auf fremde Beimengungen.

Soll keine vollständige Analyse der Butter ausgeführt, sondern nur auf fremde Beimengungen geprüft werden, so mischt man 50 gr Butter in einem hohen, engen Cylinderglas mit 110 gr warmem destilirtem Wasser und stellt das Gemisch warm, bis die Butter geschmolzen ist. Dann verschliesst man mit einem Korke, den man zur Sicherheit noch festbindet. Man schüttelt darauf kräftig durch, kehrt das Gefäss um und stellt es mit dem Korke nach unten 2 Stunden lang in ein Wasserbad, das Anfangs circa 50° warm ist, dann aber langsam erkaltet. Wenn die Butter völlig erstarrt ist, nimmt man das Glas heraus, öffnet den Pfropfen und lässt das

Wasser in eine Schale fliessen. Diese Extraction mit Wasser wiederholt man, falls es auf quantitative Bestimmung ankommt, ein zweites Mal. Das nun zurückbleibende Butterfett kann man wägen; dasselbe soll wenigstens 80—84% der Butter ausmachen.

Prüfung auf mineralische Bestandtheile.

Der wässrige Extract wird dann filtrirt. Der Rückstand enthält möglicherweise Caseïn, Mehl, Kreide, Schwerspath, Gips, die durch das Mikroskop oder durch chemische Prüfung des heissen wässrigen oder salzsauren Auszugs nachgewiesen werden. Das Filtrat kann Kochsalz, Borax, Alaun, Aetznatron, Salicylsäure enthalten; Kochsalz kann quantitativ mit Silberlösung bestimmt werden; Borax weist man nach, indem man eine Probe der Flüssigkeit mit Salzsäure ansäuert, dann Curcumapapier eintaucht und letzteres bei 100° trocknet; bei Gegenwart von Borax wird das Papier braunroth; ein Tropfen Aetzkalilösung giebt einen blauschwarzen Fleck; vgl. ferner pag. 376. Salicylsäure erkennnt man an der Violetfärbung mit Eisenchlorid; Alaun giebt auf Zusatz von Kalilauge einen gallertartigen Niederschlag, der im Ueberschuss von Kali löslich ist, aber durch Salmiak wieder gefällt wird. Die übrigen Beimengungen werden leicht nach den Regeln der gewöhnlichen qualitativen Analyse ermittelt.

Prüfung auf Farbstoffe.

Derselbe wässrige Extract kann auch zur Prüfung auf Farbstoff verwandt werden. Man dampft die filtrirte Lösung zweckmässig auf $^1/_3$ ein und prüft dann je 5 cc; (auf Curcuma mit Ammoniak = Braunfärbung; auf Orleans oder Safran mit conc. Schwefelsäure = Blaufärbung; auf Victoriagelb oder Dinitrokressolkalium mit Salzsäure = Entfärbung der Flüssigkeit und hellgelber Niederschlag). Auf Chromgelb ist eine Portion der Butter gesondert zu untersuchen; man schmilzt dieselbe mit Wasser, giesst dann die Butter ab und bringt das auf dem Boden zurückbleibende Pulver auf ein Filter; einen Theil des Rückstandes prüft man mit dem Löthrohr auf Kohle; ist Chromgelb vorhanden, so erhält man ein Bleikorn.

Um Metalle, welche die Butter aus Geschirren etc aufgenommen hat, nachzuweisen, werden 50 gr Butter mit 100 gr Wasser, 10 gr Salzsäure oder Salpetersäure in einer Porcellanschale $^1/_4$ Stunde gekocht; man filtrirt und prüft das Filtrat nach dem üblichen qualitativen Schema.[1]

Prüfung auf fremde Fette.

Am häufigsten scheint eine Verfälschung der Butter mit fremden Fetten (Rindstalg, Schweineschmalz, Palmöl etc.) vorzukommen; und namentlich seitdem die sog. Kunstbutter (ein an sich sehr zweckmässiges und nützliches Präparat, das, theilweise unter Zusatz von Kuhmilch, aus denjenigen Fetten des Rindstalgs und anderer thierischer Fette bereitet wird, die bei niederer Temperatur schmelzbar sind), in grösseren Mengen fabricirt wird, ist das Bestreben der Chemiker darauf gerichtet gewesen, Methoden zu finden, mittelst derer eine Unterscheidung des Butterfetts von anderen Fetten möglich ist. Die wichtigsten dieser Methoden sind kurz folgende:

Aeltere Methoden.

Als qualitatives Prüfungsmittel benutzte man früher theils das Lösungsvermögen des Aethers oder Petroleumäthers für Butterfett bei niederer Temperatur, das für alle fremden Fette geringer sein soll; neuerdings wurden diese Löslichkeitsbestimmungen (mit 90procentigem Alkohol und 60procentigem Aether ana, oder mit 4 Vol. Aether und 1 Vol. Alkohol bei 18° Cels.) von Husson und Filsinger wieder empfohlen.[2] Ferner beobachtete man früher die Beschaffenheit der Tropfen, die entstehen, wenn Butter geschmolzen und mit heissem Wasser gut umgerührt wird (bei Butter sollen die Tropfen klein sein und sich feinzellig aneinanderlegen, bei Ochsen-

fett grösser und grobzellig); dann die glatte oder körnige Beschaffenheit des auf Wasser geschmolzenen und wiedererstarrten Kuchens, der bei Anwesenheit von Ochsenfett Körnchen von Sagogrösse zeigen soll. Auch das mikroskopische Verhalten wurde geprüft, indem man das Fett in Benzol löste, das Benzol in 2—3 Tagen fast verdunsten liess, eine Probe des Rückstandes mit starkem Ammoniak betupfte und dann unter dem Mikroskop betrachtete; Butter soll lange Büschel spiessiger Krystalle, Schmalz kleine Büschel bald verschwindender Kryställchen bilden. Ferner soll nach Mylius das Vorkommen kleiner Kryställchen in der unverändert gelassenen Butter lediglich auf fremde schon einmal geschmolzen gewesene Fette deuten; am besten sollen die Kryställchen unter Anwendung des polarisirten Lichtes wahrgenommen werden können. — Ein anderes Unterscheidungsmittel ist von Crook angegeben in dem Verhalten der Fette zu Carbolsäure; nach Zusatz der letzteren in bestimmter Menge zeigt reine Butter eine vollkommene Lösung, während bei Rinds-, Hammel- und Schweinefett die Mischung zwei durch eine klare Scheidelinie getrennte Flüssigkeitsschichten bildet.[3] Alle diese Proben sind noch nicht hinreichend sicher gestellt.

Methoden von Hager.

Hager[4] empfiehlt neuerdings mit dem in der Wärme klar abgeschiedenen (z B. nach pag. 382 bereiteten) flüssigen Butterfett baumwollene Dochte zu tränken, anzubrennen, nach 2 Minuten des Brennens auszulöschen und den vom Docht aufsteigenden Dampf mit dem Geruchssinn zu prüfen. Die künstliche Butter ergiebt hierbei den Geruch eines verlöschenden Talglichts, reine Milchbutter dagegen den einer scharf gebratenen Butter. — Ferner sollen 1 Volumen des völlig klar abgesetzten, caseïnfreien Butterfettes mit 2 Vol. einer Mischung aus 1 Volumen reiner concentrirter Schwefelsäure und 2 Vol. eines 95 — 98procentigen Weingeistes vorsichtig der Destillation unterworfen werden, bis 2—3 cc Destillat gesammelt sind; einige Tropfen des letzteren auf der Hand zerrieben ergeben bei Milchbutter einen angenehmen Butteräthergeruch, bei Kunstbutter einen obstähnlichen nachträglich an alten Talg erinnernden Geruch. Derselbe Geruch lässt sich auch wahrnehmen, wenn man das Gemisch in einem Reagensglas zum Aufkochen erhitzt und dann direct prüft. Eine andere Geruchsprobe empfiehlt Königs:[5] Eine kleine Menge Butter wird im Reagensglas mit Weingeist und Aetznatron verseift; bei echter Butter entwickelt sich der obstartige Geruch des Buttersäureäthers, der sich noch stärker kundgiebt, wenn man nach 12 Stunden die Flüssigkeit in ein anderes Gefäss giesst. Bei Kunstbutter ist nur ein schwacher Geruch nach übelriechender Seife wahrzunehmen.

Prüfung des specifischen Gewichts.

Andere Methoden zur Unterscheidung fremder Fette, die aber durch die nachher zu erwähnenden ziemlich in den Hintergrund gedrängt sind, basiren auf dem höheren specifischen Gewicht des Butterfettes gegenüber anderen Fetten. Bell fand das specifische Gewicht reiner Butter bei 37,8° zu 0,911 bis 0,913, das thierischer Fette zu 0,9028 bis 0,9046. Koenigs bestimmt dasselbe in Cylindern, die in einem besonders construirten auf 100° gehaltenen Wasserbade eingesenkt sind, mittelst kleiner Aräometer mit einer Scala von 0,845—0,870. Das specifische Gewicht der reinen Butter betrug bei 10° 0,865—0,868; das der übrigen thierischen Fette 0,859—0861.[13]

Bestimmung des Schmelzpunkts.

— Endlich können Bestimmungen des Schmelz- und Erstarrungspunkts der Butter zuweilen Anhaltspunkte für die Beurtheilung ihrer Reinheit geben. Zur Ausführung eines Versuchs werden 100 gr der Butter im Becherglas auf 50—60° erwärmt; das geschmolzene, obenauf schwimmende reine Fett giesst man vorsichtig von dem Bodensatz in ein zweites Becherglas und lässt, nachdem man ein Thermometer eingesenkt hat, erstarren. Darauf setzt man das Becherglas auf ein erwärmtes Wasserbad und beobachtet am Thermometer, wenn das Fett anfängt zu schmelzen; hernach, wenn alles Fett geschmolzen war, lässt man abkühlen und beobachtet, bei

welcher Temperatur das Fett wieder erstarrt.[14] — Frische Butter zeigt als Schmelzpunkt 31,0°—31,5°; als Erstarrungspunkt 19,0—20,0°; Schweineschmalz schmilzt bei 41,5—42,0°, erstarrt bei 30,0°; andere Fette, wie Cacaobutter, Palmkernfett kommen indess der Butter sehr nahe, und Mischungen, wie Kunstbutter, können leicht dasselbe Verhalten zeigen.

Methoden, welche auf die löslichen Fettsäuren des Butterfetts gegründet sind.

Eine exactere und mehr quantitative Bestimmung der Beimengungen fremder Fette zur Butter ist dadurch möglich, dass man die eigenthümlichen Fettsäuren der Butter näher berücksichtigt. Die frische Butter enthält der Hauptsache nach Fette, deren Fettsäuren im Wasser unlöslich sind, nämlich Palmitin, Stearin, Oleïn; ausserdem aber stets 4 bis 7% Glyceride der Buttersäure und ähnlicher Fettsäuren, die in Wasser löslich sind, die ferner ein geringeres Molekulargewicht haben, und die zu einem viel grösseren Theile flüchtig und leicht destillirbar sind. Reines Butterfett enthält daher nur etwa 87,5% unlösliche Fettsäuren, die verschiedenen thierischen und pflanzlichen Fette dagegen stets etwa 95,5% unlösliche, dagegen nur Spuren von niederen Fettsäuren. Demnach wird eine Erkennung der Butter sich gründen können 1) auf die Menge der unlöslichen Fettsäuren; dies Princip verfolgt die Methode von Hehner. 2) auf die Menge der löslichen Fettsäuren; Methoden von Heintz, Perkins. 3) auf die Menge der flüchtigen, durch Destillation zu gewinnenden Fettsäuren; Methoden von Reichert, Meissl. 4) auf das geringere Molekulargewicht der niederen Fettsäuren, die dementsprechend für eine gleiche Gewichtsmenge mehr Alkali zur Neutralisation erfordern müssen, als die höheren Fettsäuren; Köttstorfer, Becker.

a) Hehner's Methode; Bestimmung der unlöslichen Fettsäuren.

Hehner,[6] dem das Verdienst gebührt, zuerst ein auf die eigenthümlichen Fettsäuren der Butter gegründetes Verfahren veröffentlicht zu haben, nimmt 3—4 gr wie oben gereinigtes Butterfett in eine kleine Abdampfschale; dazu fügt man 50 cc Alkohol und ein 1—2 gr wiegendes Stückchen Aetzkali. Der Alkohol wird mässig erwärmt, etwa 5 Minuten lang; unterdess hat sich das Butterfett gelöst. Man fügt nun tropfenweise destillirtes Wasser zu; entsteht dadurch Trübung von ausgeschiedenem unzersetztem Fett, so erhitzt man etwas länger, bis zuletzt weiterer Wasserzusatz die Flüssigkeit nicht mehr trübt. Dann ist die Verseifung vollendet. Die Seifenlösung wird zur Entfernung des Alkohols auf dem Wasserbad zur Syrupsconsistenz eingedampft und der Rückstand in 100—150 cc Wasser gelöst. Um die Seife zu zersetzen, fügt man nun verdünnte Salz- oder Schwefelsäure zu bis zur stark sauren Reaction. Die unlöslichen Fettsäuren scheiden sich jetzt als käsige Masse ab; dann wird erhitzt bis die Fettsäuren zu einem klaren Oel geschmolzen sind und die saure wässrige Flüssigkeit sich völlig geklärt hat. Nun wird ein gewogenes Filter aus dichtestem, möglichst wenig durchlässigem Filtrirpapier halb mit Wasser gefüllt; man giesst aus der Schale die wässrige Flüssigkeit und das geschmolzene Fett auf und wäscht schliesslich mit kochendem Wasser die Schale nach; auch die Fettsäuren auf dem Filter wäscht man mit kochendem Wasser gut aus, bis das Filtrat nicht mehr sauer reagirt; dann wird der Trichter in ein Becherglas mit kaltem Wasser gestellt und sobald die Fettsäuren erstarrt sind, nimmt man das Filter heraus und trocknet es im gewogenen Becherglas bis zu constantem Ge-

wicht (in etwa 2—3 Stunden). Das Gesammtgewicht minus Gewicht von Becherglas + Filter ergiebt die Menge der unlöslichen Fettsäuren. — Spätere Versuche haben gezeigt, dass zuweilen auch normale Butter mit einem Gehalt an unlöslichen Fettsäuren von 89,8 % vorkommen kann; diese Zahl ist als äusserste Grenze zu betrachten; in den meisten Fällen aber findet man nur 87,5 %. Um aus dem analytischen Befunde sodann die Menge des zugesetzten fremden Fettes zu berechnen, bedient man sich nach Fleiscmann der Formel $x = (m - 87{,}5)\,12{,}5$, worin m die gefungene Menge der unlöslichen Fettsäuren, x die Menge der fremden Fette in Procenten bedeutet.

b) Bestimmung der löslichen Fettsäuren.

Heintz[7] bestimmte statt der unlöslichen Fettsäuren die Menge der löslichen Säure durch Titriren mit Normalalkali. Dabei werden die unlöslichen und löslichen Säuren nicht durch Filtration getrennt, da die unlöslichen kein Alkali sättigen und ihre Anwesenheit also nicht stört. 3 gr Butter werden in einem Kolben mit 20 cc Normalalkalilösung und dann mit Alkohol wie oben behandelt. Die alkoholfreie Lösung in heissem Wasser wird mit so viel Kochsalz versetzt, bis die Seife sich abgeschieden hat. Dann werden 22 cc Normalschwefelsäure zugefügt, man erwärmt bis die oben schwimmende fette Säure klar und durchsichtig erscheint, lässt abkühlen, füllt mit Wasser bis etwa $1\frac{1}{2}$ Liter auf, erhitzt noch etwas und lässt wieder abkühlen. Dann lässt man noch 2 cc Normalalkali zufliessen und titrirt mit $\frac{1}{5}$ Normalalkali und Rosolsäure zu Ende. Perkins[8] titrirt die ins Filtrat übergehenden löslichen Säuren und wägt andererseits die unlöslichen Fettsäuren; oder von dem auf bestimmtes Volumen (200 cc) gebrachten Filtrate wird ein aliquoter Theil (100 cc) in einer kleinen Retorte mit Kühler destillirt, bis alles flüchtige übergegangen ist; die flüchtige Säure wird im Destillat mit $\frac{1}{10}$ Normalnatron titrirt und als Buttersäure berechnet; die auf dem Filter zurückgebliebenen unlöslichen Säuren werden in heissem Alkohol gelöst, die Lösung auf 100 cc gebracht und in abgemessenen Theilen die Acidität bestimmt; die verbrauchte Alkalimenge wird auf Stearinsäure umgerechnet.

c) Bestimmung der flüchtigen Fettsäuren.

Reichert[9] bestimmt die flüchtigen Fettsäuren in folgender Weise: 2,5 gr reines Butterfett werden im Kölbchen mit 1 gr Kalihydrat und 10 cc 80procentigem Weingeist versetzt und erwärmt; dann fügt man 50 cc Wasser und 20 cc verdünnte Schwefelsäure (1:10) zu, und destillirt während man in die Flüssigkeit einen schwachen Luftstrom leitet, um das Stossen zu vermeiden. Die ersten übergehenden 10—20 cc giebt man in das Destillirkölbchen zurück und setzt dann die Destillation fort, bis 50 cc übergegangen sind; diese versetzt man mit 4 Tropfen Lakmuslösung und titrirt mit $\frac{1}{10}$ Normal-Natronlauge. 2,5 gr reines Butterfett erfordert etwa 14 cc Natronlauge, während die gleiche Menge Schweinefett nur 0,3 cc, Nierenfett und Rüböl 0,25 cc gebraucht. — Meissl[10] wendet dieselbe Methode mit geringen Modificationen an; 5 gr Butter werden mit 2 gr Aetzkali und 50 cc Alkohol von 70% erwärmt, eingedampft, in 100 cc Wasser gelöst, 40 cc verdünnter Schwefelsäure zugesetzt und dann ähnlich wie oben verfahren, nur dass das Stossen bei der Destillation durch Einlegen von Bimssteinstücken vermieden wird. Den Procentgehalt an reinem Butterfett berechnet man nach der Formel $x = 3{,}875(n - 3)$, wo n die Anzahl der verbrauchten Cubikcentimeter Natronlauge bedeutet.

d) Bestimmung der Fettsäuren von niederem Moleculargewicht aus dem Alkaliverbrauch.

Nach Köttstorfer[11] nimmt man 1—2 gr reiner, umgeschmolzener Butter, erwärmt in einem etwa 70 cc fassenden Becherglase mit 25 cc titrirter weingeistiger Kalilösung und erhält 15 Minuten im Sieden; dann wird mit 1 cc weingeistiger Lösung von Phenol-Phtaleïn versetzt und mit $\frac{1}{2}$ Normalsalzsäure zurücktitrirt. — Becker[12] empfiehlt statt dessen mit 10 cc wässriger Normalkalilösung und 50 cc absolutem Alkohol zu erwärmen. — (Vgl. oben pag. 330.) Auf 1 gr Butter braucht

man 222—233 mgr Kalihydrat; auf 1 gr Rindstalg, Schweinefett etc. dagegen nur 196—197 gr Kalihydrat. —

Untersuchung des Käse's. Dieselbe erfolgt wie bei allen fettreichen Substanzen; die Probe ist zunächst grob zu zerkleinern, vorzutrocknen, dann erst mit Aether fast vollständig zu entfetten und nachher völlig zu trocknen. Die Bestimmung des Stickstoffs, der Fettsäure etc. erfolgt wie oben (pag. 324 und 330). Bei reifem Käse ist ein erheblicher Theil der Eiweisskörper in stickstoffreichere Producte übergegangen; es ist daher hierauf bei der Berechnung des Eiweissgehaltes aus dem Stickstoff Rücksicht zu nehmen. Auch präformirtes Ammoniak ist häufig durch Versetzen mit Kali, Aufstellen über gemessener Normalsäure unter einer Glasglocke und Titriren der Säure zu ermitteln. Näheres siehe bei Müller.[15] Untersuchung des Käses.

Von Zusätzen und Verfälschungen des Käses kommen fast nur Färbungen durch einige hygienisch indifferente Farbstoffe (Orleans, Safran, Salbeiblätter etc.), und zuweilen Metallverbindungen vor, welche aus den Staniolumhüllungen oder den Gefässen aufgenommen sind und wie oben pag. 300 nachgewiesen werden können, nachdem man eine Probe wiederholt mit Salzsäure und zum Bleinachweis mit Salpetersäure ausgekocht hat.

Nur in seltenen Fällen kommt der Butter- oder der Käseuntersuchung eine besondere hygienische Bedeutung zu. Für die Butter ist der Nachweis zu grosser Wassermengen (über 12—15 %) und Caseïnmengen (über 0,5 %) in so fern wichtig, als durch diese ein rasches Verderben der Butter (reichliche Fettsäurebildung) bewirkt wird; und ebenso ist der Nachweis der vorhandenen Mengen an freien Fettsäuren von gewisser Bedeutung. Ferner können giftige Zusätze, wie Chromgelb, die übrigens fast niemals vorkommen, die Aufmerksamkeit des Hygienikers erfordern. Die übrigen Verfälschungen, namentlich die Zusätze fremder Fette, sind nicht als gesundheitsschädlich anzusehen und fallen nur aus den beider Milch- und Fleischcontrole entwickelten Gesichtspunkten der Analyse anheim. Hygienische Bedeutung der Prüfung der Butter.

Literatur. 1) Vgl. O. Dietzsch, l. c. p. 150. — Griessmayer, l. c. p. 24. — 2) Horsley, Chem. News 4, 230. 309. 332. — Ballard, Chem. News 4, 283. 322. — Hoorn, Z. f. anal. Ch. 11, 334. — Husson, C. R. 85, 718. — Filsinger, Pharm. Centralh. 19, 260. — Hager, Pharm. Centralh. 19, 42. — 3) Mylius, Chem. Ber. 12, 270. — Crook, The Analyst, 1879. 111. — 4. Hager, Pharm. Centralh. 18, 413. — 5) Koenigs, Corr. Bl. d. Ver. analyt. Chem. 1878. — Dingler's Journ. 1879. 3. — 6) Hehner, Z. f. anal. Ch. 16, 145. — Sachsse, Z. f. anal. Ch. 17. 151. — Fleischmann u. Vieth, Z. f. anal. Ch. 17, 287. — 7) Heintz, Z. f. anal. Ch. 17, 160. — 8) Perkins, The Analyst 1878. 241. — 1879. 142. — Z. f. anal. Ch. 19, 238. — 9) Reichert, Z. f. anal. Ch. 18, 68. — 10) Meissl, Dingl. Journ. 1879. August, 1. — 11) Köttstorfer, Dingl. Journ. 1879. — Z. f. anal. Ch. 18, 199. — 12) Becker, Corr. Bl. d. Ver. anal. Chem. 2, 57. — Z. f. anal. Ch. 19. 239. — 13) Koenigs, Corr. Bl. d. Ver. analyt. Chem. 1878. — 14) König, Nahrungsmittel, II. 223. — Al. Müller, Milchzeitung, 1872. 31. — Z. f. anal. Ch. 12, 111. —

4. Mehl, Stärkemehl, Brod, Früchte und Gemüse.

Die Ermittlung der normalen Bestandtheile des Mehls erfolgt nach pag. 343. Eine specielle Anleitung zur Analyse der Getreidemehle ist von Pillitz[1] gegeben; 4. Untersuchung des Mehls.

aus derselben ist namentlich hervorzuheben die Bestimmung der Stärke neben Dextrin und Zucker. Eine Ueberführung der Stärke in Zucker ist in diesem Falle erst dann statthaft, wenn Zucker und Dextrin entfernt sind; zu dem Zweck werden 8—10 gr des Mehls mit Wasser extrahirt und zwar muss die Extraction möglichst rasch von statten gehen, da die wässrige Lösung schon nach 24 Stunden sich zu trüben beginnt. Das Filtriren durch Leinwand etc. führt nicht zum Ziele; am besten bewährte sich die REAL'sche Presse, bestehend aus einem cylindrischen Gefäss von 500 cc Inhalt; dicht am bauchigen Boden befindet sich ein Siebboden, der mit einer Scheibe Flanell, Filtrirpapier etc. bedeckt wird. Nachdem das Mehl mit Wasser durchgeschüttelt ist, wird dasselbe in das Gefäss eingegossen; man lässt etwas absitzen und schraubt dann einen luftdicht schliessenden Deckel auf, in dessen Mitte ein Steigrohr von ca. $7\frac{1}{2}$ Fuss Länge sich erhebt. Letzteres füllt man mit destillirtem Wasser aus einem grösseren Reservoir und regulirt den Gang der Extraction an dem, am bauchigen Boden des Gefässes angebrachten Hahn. Nach ca. 14 Stunden, und nachdem 1 Liter Filtrat gewonnen ist, pflegt das Wasser nichts mehr aus dem Mehle aufzunehmen. Nach dem Auseinandernehmen des Apparats findet man das Mehl als compacten Kuchen am Siebboden; man bringt ihn auf eine Glasplatte und trocknet rasch, zunächst 12 Stunden im Vacuum über Schwefelsäure, dann 6 Stunden bei 100°. Von dem so getrockneten Mehl wird dann eine Portion von 1—1,2 gr abgewogen und mit 40 cc sauren Wassers (3—3,5 cc verdünnte Schwefelsäure von 1,160 specifischem Gewicht auf 1 Liter Wasser) im zugeschmolzenen Rohr bei 140 bis 145° 8 Stunden lang im Paraffinbad digerirt. Die schliessliche Titrirung des Rohrinhalts mit FEHLING'scher Lösung giebt die Menge der Stärke; eine nicht extrahirte, aber im übrigen gleich behandelte andere Portion des Mehls giebt Stärke + Dextrin. Die Differenz beider ist = Dextrin. — Die Bestimmung des Klebers s. unten.

Bestimmung von Stärke, Dextrin und Zucker neben einander.

Prüfung auf Verfälschungen.

Um abnorme Veränderungen oder Verfälschungen des Mehls zu erkennen, ist zunächst eine Vorprüfung anzustellen, welche Farbe, Consistenz etc. des Mehls zum Gegenstand hat. Gutes Mehl soll weiss, mit schwachem Stich ins Gelbliche, aussehen, nicht bläulich oder röthlich weiss. Zwischen den Fingern muss es sich trocken anfühlen, keine Klümpchen enthalten; in der Hand zusammengeballt muss es ein eigenthümlich knirschendes Geräusch geben und beim Oeffnen der Hand wieder auseinanderfallen. Der Geruch darf nicht dumpfig, der Geschmack muss süsslich, nicht säuerlich oder bitter sein; im Schlunde darf kein kratzendes Gefühl zurückbleiben; Knirschen des Mehls zwischen den Zähnen deutet auf Sandbeimengung.[2]

Vorprüfung.

Veränderung im Wasser- und Klebergehalt.

Die chemische Analyse kann zunächst zum Nachweis der verdorbenen Beschaffenheit des Mehls dienen. Vor allem ist es eine zu grosse Feuchtigkeit, die das Mehl zum Verderben disponirt; daher giebt eine Wasserbestimmung bei 100°, die in etwa zwei Stunden beendet zu sein pflegt, und keinen höheren Wassergehalt als etwa 15 % ergeben darf, in dieser Beziehung wichtige Anhaltspunkte. — Die Veränderungen des Mehls, wenn es aus feuchtem oder gekeimtem Getreide bereitet oder zu stark erwärmt ist, betreffen vorzugsweise den Kleber, und es ist daher auch aus dessen Beschaffenheit und Menge ein Schluss auf die Güte und Brauchbarkeit des Mehls möglich. — Die Bestimmung des Klebergehalts erfolgt in der Weise, dass 100 gr Mehl mit 40 cc Wasser zu einem Teig angemacht werden, den man $\frac{1}{4}$ Stunde der Ruhe überlässt; dann wird derselbe in einem Musselinläppchen längere Zeit unter Wasser geknetet; dabei gehen die löslichen Theile fort, das Stärkemehl wird fortgeschwemmt, und ein Kuchen, der aus Kleber, einigen anderen unlösslichen Eiweissstoffen und etwas Cellulose besteht, bleibt zurück. Dieser Rückstand kann schliesslich getrocknet und gewogen werden (seine Menge soll trocken 12—15 gr

Bestimmung des Klebers.

betragen); namentlich aber ist seine Beschaffenheit näher zu prüfen. Derselbe soll bei gutem Mehl hellgelb, ferner elastisch und so zähe sein, dass sich lange Fäden davon ziehen lassen; der Geruch soll nicht unangenehm sein. Verdorbenes Mehl zeigt eine erheblich verringerte Menge von Kleber und letzterer ist von wenig zäher Consistenz. — Roggen- und Gerstenmehl muss man vor der Abscheidung des Klebers mit gleichen Theilen Essigsäure und Wasser längere Zeit digeriren, und dann mit der 6—8 fachen Menge Wasser verdünnen; der so gelöste Kleber wird abfiltrirt, die durch Eindampfen concentrirte Lösung mit kohlensaurem Natron gefällt und dann abgepresst. Für praktische Zwecke ist das in KLENCKE's Lexikon[3] beschriebene und abgebildete Aleurometer, sowie verschiedene andere Methoden zur Prüfung des Klebers und der Backfähigkeit eines Mehls in Gebrauch.

Prüfung auf Mutterkorn.

Unter den abnormen Beimengungen des Mehls interessiren vor allem die Parasiten des Getreides oder Unkrautsamen, denen zum Theil giftige Eigenschaften zukommen. — Für das Mutterkorn, secale cornutum, sind folgende Reactionen empfohlen: 1) In 20 cc offic. Kalilauge trägt man allmählich so viel Mehl ein, dass sich ein dicker Brei bildet, und stellt das verschlossene Gefäss eine Zeit lang in heisses Wasser; ist secale vorhanden, so tritt der Geruch nach Trimethylamin (nach Häringslake) auf, und rothes befeuchtetes Lackmuspapier über das Gefäss gehalten, wird blau. Andere Körper können übrigens denselben Geruch liefern, daher nur ein negatives Resultat beweist, dass kein Mutterkorn zugegen ist (WITTSTEIN). — BERLANDT setzt das Trimethylamin der Glühhitze aus, fängt dessen Zersetzungsproduct, die Blausäure, in Wasser auf und weist diese nach.[4] 2) Im Mutterkorn ist ein violetter, durch Säuren roth gefärbter Farbstoff enthalten, der in Alkohol unlöslich, dagegen in schwefelsäurehaltigem Alkohol löslich ist (JACOBY).[5] 10 gr Mehl werden daher zunächst mit 30 gr heissem absolutem Alkohol 2—3 mal ausgezogen und der Rückstand in einem Seihtuch gut ausgepresst; dann übergiesst man die Masse mit 10 gr reinem Weingeist, schüttelt, lässt absitzen — wobei der Weingeist vollig farblos erscheinen muss — und fügt 10—20 Tropfen verdünnter Schwefelsäure zu; man schüttelt wieder und lässt absitzen; ist Mutterkorn vorhanden, so erscheint der Weingeist nun deutlich rosenroth. — Durch Farbenvergleichung mit Mutterkornlösungen von bekanntem Gehalt lässt sich eine annähernde quantitative Bestimmung ausführen. — Nach BÖTTGER[6] soll man eine Probe des Mehls mit einem gleichen Volum Aether übergiessen, einige Krystallfragmente von Oxalsäure zufügen und einige Minuten lang kochen; erscheint beim Erkalten die Flüssigkeit mehr weniger röthlich gefärbt, so ist Mutterkorn vorhanden. Vgl. auch unten HOFFMANN's Methode. 3) Der sicherste Nachweis des Mutterkorns gelingt durch die Prüfung des Farbstoffs im Spectralapparat. Derselbe liefert in stark tingirten Lösungen in 2—3 cm dicken Schichten eine Auslöschung des brechbaren Theils des Spectrums bis nahe

Geruch nach Trimethylamin.

Nachweis des Farbstoffs.

Prüfung mit dem Spectralapparat.

vor *D*, in schwach tingirten Auszügen bei Aufhellung des vorher absorbirten Theils des Spectrums 3 deutliche, an den Rändern etwas verwaschene Absorptionsbänder, von denen zwei sehr charakteristische im Grün, ein drittes, aber schwächeres, im Blau liegen. — Zur Vorbereitung für die spectroskopische Prüfung extrahirt man das Mehl entweder erst mit Aether allein, um die Mehlfarbstoffe zu entfernen, und dann mit Aether und einer kleinen Menge Schwefelsäure. Oder nach Hoffmann versetzt man 10 gr Mehl mit 15 gr Aether und 10 Tropfen verdünnter Schwefelsäure (1 : 5), lässt unter öfterem Umschütteln bei gewöhnlicher Temperatur 1/2 Stunde stehen, bringt auf ein Filter und wäscht mit Aether nach, so dass das Filtrat 10 gr beträgt. Diese werden mit 5 Tropfen einer gesättigten Lösung von doppelt-kohlensaurem Natron zusammengeschüttelt; nach kurzer Zeit setzt sich letztere am Boden des Gefässes schön violett gefärbt ab und enthält sämmtlichen Farbstoff des Mutterkorns. Giesst man die Aetherschicht ab, übersättigt mit Schwefelsäure und schüttelt wieder mit Aether, so erhält man eine reine Lösung des Farbstoffs. — Petri nimmt in schwefelsäurehaltigem Alkohol auf; die Lösung wird theils direct zur spectroskopischen Untersuchung verwandt, theils versetzt man 1/4 Reagensglas des alkoholischen Filtrats mit 1—2 Vol. Wasser; die alsdann milchig getrübte Flüssigkeit schüttelt man mit 1—2 cc Amylalkohol, eine andere Probe mit Chloroform, eine dritte mit Benzol, eine vierte mit Aether. Bei Anwesenheit von Mutterkorn werden alle genannten Lösungsmittel röthlich und zeigen das charakteristische Spectrum. — Die Absorption in mittelstarken Lösungen beginnt nach Petri's mit einem Vierordt'schen Spectrophotometer angestellten Untersuchungen kurz vor *D*. Bei *D* 85 *E* erstes Maximum, von *D* 98 *E* bis *E* 25 *F* geringe Aufhellung, bei *E* 71 *F* zweites etwas höheres Maximum, von *E* 92 *F* bis *F* 15 *G* zweite geringere Aufhellung, bei *F* 32 *G* drittes an Intensität zwischen 1 und 2 stehendes Maximum, von *F* 34 *G* —*F* 52 *G* minimale Remission. Beim Verdünnen scheint zuerst Streifen I sich abzuflachen, dann Streifen III und zuletzt Streifen II. — Uebrigens fallen die drei Streifen beinahe zusammen mit den Streifen IV, V, VI ätherischer Chlorophylllösungen. Zur Unterscheidung kann vielleicht dienen, dass die absorbirten Lichtmengen an den fraglichen drei Stellen des Chlorophyllspectrums sich anders verhalten wie die betreffenden Zahlen für den Mutterkornfarbstoff. [7] —

Vorbereitung für die spektroskopische Prüfung. — *Lage der Absorptionsbänder des Mutterkorn-Farbstoffs.*

Ferner findet sich im Mehl zuweilen Taumelloleh (Lolium temulentum); zum Nachweis soll man Mehl mit 85procentigem Alkohol digeriren, filtriren; das Filtrat ist bei reinem Mehl gelblich, bei Anwesenheit von Taumellolch grünlich, nachdunkelnd und von widerlich zusammenziehendem Geschmack. — Wachtelweizenmehl (Melampyrum arvense) bewirkt im Brode bläuliche oder röthlichblaue Farbe; knetet man Mehl mit 25procentiger Essigsäure zu einem Teig, verdampft dessen Feuchtigkeit und durch-

Erkennung von Taumellolch, von Wachtelweizen.

schneidet ihn dann, so sollen sich auf der Schnittfläche röthlich-violette Streifen zeigen. — Mehl der Kornrade (Agrostemma Githago) färbt das Brod bläulich. Kocht man solches Mehl mit Weingeist aus, trocknet ein, nimmt in Wasser auf und filtrirt, so schäumt das Filtrat stark beim Schütteln, schmeckt bitter und kratzend, giebt mit Tanninlösung keinen Niederschlag, aber mit Tanninlösung und Schwefelsäure versetzt, eine weisse Trübung oder eine starke, weisse Abscheidung. Mit Salzsäure gekocht, entsteht eine grüne bis tiefblaue Färbung. Ein Theil des wässrigen Filtrats mit Kali und dann mit einigen Tropfen verdünnter Kupfervitriollösung versetzt und gekocht giebt Abscheidung von rothem Kupferoxydul; ein andrer Theil des Filtrats mit Ammoniak und einigen Tropfen Höllensteinlösung gekocht, scheidet schwarzes Silber ab. — Erkennung von Kornrade.

Häufiger findet man im Mehl und Brod Mineralbestandtheile, die unabsichtlich (von Mühlsteinen etc.) oder absichtlich zugesetzt wurden. Erhebliche Beimengungen lassen sich durch eine specifische Gewichtsbestimmung des Mehls erkennen, oder durch die Ermittlung der Gesammtasche. Einfacher gestaltet sich der Nachweis nach der Methode von Flückiger[8]; das (nöthigenfalls etwas angefeuchtete) Mehl wird in einem Reagensglas mit Chloroform geschüttelt; dann lässt man das Glas einige Zeit ruhig stehen. Das Mehl sammelt sich im oberen Theile des Cylinders, während die mineralischen Bestandtheile am Boden des Gefässes sich ablagern; nach mehrmaligem Abspülen mit Chloroform kann man den Rückstand wägen. Eine sehr geringe Menge grauer oder brauner sandiger Substanz setzt sich auch bei reinem Mehl ab. Die nähere Untersuchung des Rückstandes erstreckt sich dann namentlich auf Gyps, Schwerspath, Thon, Sand, Kreide und Blei, welches möglicherweise durch mit Blei ausgefüllte schadhafte Mühlsteine ins Mehl gelangt ist; alle sind leicht nach dem gewöhnlichen Gang der qualitativen Analyse zu trennen. — Zuweilen werden dem Mehl und Brod zur Aufbesserung der Farbe Alaun oder Kupfervitriol beigemischt. Ersteren kann man entweder im salpetersauren Aschenauszug durch Uebersättigen mit Kalilauge und Zusetzen von Salmiak nachweisen. Oder man verwendet frisch bereitete verdünnte Campecheholzabkochung; lässt man Stücken des Brodes in einer solchen Lösung 12 Stunden schwimmen, so nimmt alaunhaltiges Brod bis zu einer gewissen Tiefe Purpurfarbe an; nach dem Trocknen wird die getränkte Partie schmutzig-violett. Alaunfreies Brot färbt sich nur oberflächlich blassorange. Mehl wird zum Zweck des gleichen Nachweises mit kochendem Wasser zu einer dünnen Paste gemischt, und dann in ammoniakalische Campecheholz-Tinctur gelegt; es entsteht bei Gegenwart von Alaun eine blaugraue Farbe, die sich Tage lang hält. — Dupré scheidet die mineralischen Bestandtheile mit Chloroform ab, wäscht den Rückstand mit Wasser, und weist im Filtrat die Schwefelsäure nach; dann extrahirt man den Rückstand mit sehr verdünnter Salzsäure, welche auf vorhandene Erd- oder Thontheilchen

Nachweis mineralischer Beimengungen.

Nachweis von Alaun.

Erkennung von Kupfervitriol.

nicht einwirkt; das Filtrat wird dann auf Thonerde geprüft.[9] — Kupfervitriol weist man durch Eintauchen des Brodes in eine Lösung von Ferrocyankalium nach; es entsteht röthliche Färbung, während reines Brod nur einen gelblichen Fleck zeigt.

Chemischer Nachweis fremder Mehlsorten.

Eine Beimengung fremder Mehlsorten, namentlich Kartoffelmehl oder auch des Mehls von Hülsenfrüchten, zu Weizen- oder Roggenmehl kann in den meisten Fällen durch eine vollständige Analyse erkannt werden, da die Zusammensetzung der verschiedenen Mehlsorten in Bezug auf Stickstoffgehalt, Asche etc. erhebliche Differenzen zeigt; am besten treten diese Differenzen hervor, wenn man das Verhältniss der einzelnen Bestandtheile zu einander berücksichtigt. — Kartoffelmehl lässt sich im Weizenmehl nachweisen, wenn man das Mehl im Porcellanmörser unter starkem Aufdrücken des Pistills einige Minuten mit Wasser verreibt, mit mehr Wasser verdünnt und filtrirt; das klare Filtrat versetzt man mit stark verdünnter Jodlösung; bei Gegenwart von Kartoffelmehl tritt dann sofort blaue Farbe auf, bei reinem Weizenmehl nur röthlich-gelbe Farbe. — Andere chemische Proben sind wenig zuverlässig und sind um so weniger zur Anwendung zu empfehlen, als durch die mikroskopische Analyse die Beimischung fremder Mehlsorten viel sicherer erkannt wird.[10]

Mikroskopische Analyse des Mehls.

Die mikroskopische Analyse vermag verdorbenes Mehl dadurch nachzuweisen, dass fast sämmtliche Stärkekörnchen eines solchen Mehls die Farbe von Anilinviolett (gewöhnliche violette Schreibtinte) rasch aufnehmen und eine gewisse Zerklüftung erkennen lassen, während bei gutem Mehl sich nur wenige Körner färben.[11] — Die mineralischen Beimengungen des Mehls, so auch die Alaunsplitter, lassen sich theils bei directer Untersuchung des Mehls, besser aber in dem Rückstand des mit Chloroform behandelten Mehls entdecken. — Weniger leicht gelingt der Nachweis der parasitischen Beimengungen, namentlich des Mutterkorns. Fig. 22 auf Tafel III stellt ein Präparat von secale dar; im feinen Mehl ist es aber sehr schwierig, namentlich bei geringem Gehalt charakteristische Bruchstücke des Mutterkorns herauszufinden. Am besten gelingt der Nachweis noch nach Petri, wenn man das Mehl mit Wasser in einem Uhrglas zu einem dünnen Brei anrührt, einige Tropfen verdünnte Jod-Jodkaliumlösung zufügt und nach dem Umrühren so lange stehen lässt, bis die Stärkekörner gleichmässig blau geworden sind; es ist dann leichter die schwach gelblich gefärbten Mutterkornreste von etwa ähnlich gestalteten, jetzt blaugefärbten Stärkekörnchen zu unterscheiden. — Ferner findet man durch die mikroskopische Untersuchung zuweilen Pilzsporen, z. B. Sporen von Tilletia caries, die den Schmierbrand des Weizens, ferner von Ustilago carbo, der den Staubbrand des Weizens, der Gerste und des Hafers bewirkt. Seltener kommen die Sporen des Rostpilzes, Puccinia graminis, im Mehl vor. Die genannten Sporen sind, so lange ihre Menge gering ist, ohne erheblichen Einfluss auf die Beschaffenheit des Mehls und des Brotes; bei grösserer Menge sind ihre charakteristischen, in Figg. 19, 20, 21 auf Tafel III abgebildeten Formen unter dem Mikroskop leicht zu erkennen. — Endlich zeigt sich bei schwacher Vergrösserung häufig die Mehlmilbe, acarus farinae.

Mikroskopischer Nachweis fremder Mehlsorten.

Am meisten wird die mikroskopische Analyse des Mehls benutzt, um Beimengungen fremder Mehlsorten nachzuweisen. Durch Feststellung der Form und der Grösse der Stärkemehlkörnchen lässt sich in den meisten Fällen deren Herkunft ermitteln, und auf diese Momente wird daher die Untersuchung vorzugsweise gerichtet sein. Die Untersuchung

der Form und äusseren Structur geschieht mit 3—500facher Vergrösserung; man befeuchtet das zunächst nur mit Wasserzusatz betrachtete Object zweckmässig mit Jodlösung, die aus 2 Theilen Jod, 2 Jodkalium, 70 Glycerin, 15 Wasser und 15 Spiritus bereitet ist (Hager). Dann untersucht man ein anderes Präparat unter Zusatz von verdünnter Kalilauge (1 : 50), die z. B. Weizenstärke wenig verändert, dagegen die Stärkekügelchen der Kartoffel stark vergrössert und durchsichtig erscheinen lässt. — Sehr genau und doch hinreichend rasch lässt sich die mittlere Grösse der untersuchten Stärkemehlkörner feststellen, wenn man das fein vertheilte, trockene Mehl auf einen Objectträger bringt, ein feines Deckgläschen lose auflegt und nun mit einem Vergrösserungssystem betrachtet, das etwa 20 Körner im Gesichtsfeld sehen lässt. Mittelst eines Zeichenprisma's zeichnet man sodann die Umrisse aller Körner auf ein Blatt gleichmässig dickes Papier; verschiebt dann das Object und zeichnet ein neues Gesichtsfeld. Hat man dies etwa 5 mal wiederholt und also ungefähr von 100 Körnern die Umrisse erhalten, so schneidet man diese sorgfältig aus, zählt die einzelnen Blättchen und wägt sie zusammen auf einer feinen Waage. Hat man andererseits das Gewicht eines grösseren, aus demselben Papier geschnittenen Kreises bestimmt, so ergiebt eine einfache Rechnung den durchschnittlichen Umfang und Durchmesser eines Kornes.[12] — Die Differenzirung der Stärkekörner erfolgt sodann nach Vogl's im Folgenden mitgetheilter Tabelle:[13]

Beobachtung der Form der Stärkekörner.

Messung ihrer durchschnittlichen Grösse.

Vogl's Tabelle zur Diagnose der Stärkekörner.

A. Körner einfach, durchaus von gerundeten Flächen begrenzt.
- I. Kern central, Schichtung concentrisch.
  - a. Ueberwiegend scheibenrund, von der Seite linsenförmig; Kern rundlich oder eine strahlige Spalte.
    - 1. Grosskörner 0,0396—0,0528 mm . . . Roggenstärke.
    - 2. „ „ 0,0352—0,0396 mm . . . Weizenstärke.
    - 3. „ „ 0,0264 mm . . . . Gerstenstärke.
  - b. Eirund, eiförmig, nierenförmig. Meist eine lange oft rissige Kernspalte.
    - Grosskörner 0,032—0,079 mm . . . . . Hülsenfruchtstärke.
- II. Kern excentrisch, Schichtung deutlich excentrisch oder meniskenförmig.
  - a. Körner nicht oder wenig abgeflacht.
    - 1. Kern meist am schmäleren Ende. 0,06—0,10 mm . . . . Kartoffelstärke.
    - 2. Kern meist am breiteren Ende oder gegen die Mitte zu eine einfache Querspalte. 0,022—0,060 mm . . . . Marantastärke. (Westindisches Arrowroot.)

b. Körner mehr oder weniger stark abgeflacht.
  1. Viele an einem Ende in eine kurze Spitze vorgezogen. Ganz nahe derselben der Kernpunkt . . . . Ostindisches Arrowroot.
    a. höchstens 0,060 mm lang . . . . . Curcumastärke.
    b. bis 0,132 mm lang . . . . Cannastärke.
  2. Viele verlängert bohnenförmig, keulen- und flächenförmig. Kern nahe dem breiteren Ende, 0,044—0,075 mm lang . . . . Bananenstärke.
  3. Viele ausgezeichnet nierenförmig. Kern nahe der Ausrandung. 0,048—0,056 mm Sisyrinchiumstärke.
  4. Eiförmig, an einem Ende keilförmig verschmälert, am entgegengesetzten gestutzt. Kern am schmäleren Ende 0,05—0,07 mm Yamswurzelstärke.

B. Körner einfach oder zusammengesetzt. Einzelkörnchen, beziehungsweise Theilkörnchen, entweder durchaus von ebenen Flächen begrenzt, vielkantig oder theilweise mit gerundeten Flächen versehen.

I. Körnchen durchaus vielkantig.
  1. Viele mit ansehnlicher Kernhöhle. Höchstens 0,0066 mm . . . . Reisstärke.
  2. Ohne Kernhöhle. Die grössten 0,0088 mm Hirsestärke.

II. Unter vielkantigen und gerundeten Formen.
  a. Keine paukenförmigen Körnchen vorhanden. Vorwaltend kantige Formen.
    1. Ohne Kern oder Kernhöhle, sehr klein 0,0044 mm . . . . Haferstärke.
    2. Mit Kern oder Kernhöhle. 0,0132—0,0220 mm
      α. Ansehnlicher runder Kern oder rundliche Kernhöhle. Hin und wieder die Körnchen in verschieden gestalteten Gruppen Buchweizenstärke.
      β. Meist strahlige oder sternförmige Kernhöhle. Alle Körnchen frei . . . . Maisstärke.
  b. Mehr oder weniger zahlreiche pauken- bis zuckerhutförmige Körnchen.
    1. zahlreiche excentrische Schichten. Körnchen 0,0220—0,0352 mm . . . . . . Batatenstärke.
    2. Ohne Schichten. 0,008—0,022 mm
      α. An den paukenförmigen Theilkörnchen die Kernhöhle meist nach der abgeflachten Seite erweitert. 0,008—0,022 mm Cassavasstärke. (Brasil. Arrowroot.)
      β. Kernhöhle fehlend oder doch nicht erweitert
        αα. Kern klein, excentrisch. 0,008 bis 0,016 mm . . . . Pachyrhizusstärke.
        ββ. Kern klein, central oder fehlend.
          ααα. Viele unregelmässig vieleckige Formen. 0,008—0,0176 mm Sechiumstärke.

bbb. Nur wenige vieleckige Formen. Einzelne mit strahliger Kernspalte. 0,008—0,0176 mm . Castanospermumstärke.

c. Körner einfach und zusammengesetzt, vorwaltend eiförmig und eirund, mit excentrischem Kern und zahlreichen Schichten; die zusammengesetzten aus einem grossen Hauptkern und einem oder wenigen unverhältnissmässig kleinen flachpaukenförmigen Nebenkörnchen bestehend. 0,025—0,066 mm . . Sagostärke.

Karmasch und Wiesner geben für den Durchmesser der Stärkekörnchen folgende Zahlen: Durchmesser der Stärkekörner.

	Karmasch. mm	Wiesner. mm
Stärkekörnchen der Kartoffeln, gewöhnlich	0,100	0,06—0,10
„ „ „ im Mittel	0,140	—
„ „ „ Maximum	0,185	—
„ des westindischen Arrowroots (Maranta arandinacea)	0,140	0,01—0,07
Stärkekörnchen der Saubohne (Vicia faba)	0,075	—
„ des Sago (Sagus Rumphii)	0,070	0,065
„ der Linse	0,067	0,0333
„ der gemeinen Bohne	0,063	0,033—0,039
„ der Erbse	0,050	0,057
„ des Weizens	0,050	0,0283
„ der Batate (Helianthus tuberosus) . .	0,045	—
„ des Roggens	—	0,0369
„ des Hafers	—	0,031
„ des Mais	0,030	0,020
„ der Tapioca (Janipha Manihot) . . .	0,028	—
„ des Reis	—	0,022
„ der Gerste	0,025	0,0203
„ der Hirse	0,010	—
„ des Buchweizens	—	0,009

(Die Zahlen bedeuten die Maximalgrössen der Durchmesser, ausgenommen jene die besonders bezeichnet und als Grenzgrössen angeführt wurden).

Die Untersuchung des Brotes erfolgt in derselben Weise wie die des Mehls; das Brot wird getrocknet und gepulvert und dann wie oben behandelt; der Nachweis der mineralischen Beimengungen ist in der Asche zu liefern. — Die Ermittelung fremder Mehlsorten im Brote stösst auf grosse Schwierigkeiten, da die mikroskopischen Merkmale der Stärkekörner verschwunden sind und überhaupt eine mikroskopische Untersuchung des Brotes wenig Aussichten auf Erfolg bietet. Am besten gelingt der Nachweis namentlich von Kartoffelmehl noch durch eine ausführliche Aschenanalyse. Untersuchung des Brotes.

Von Wichtigkeit für die Beurtheilung des Brotes ist der Wassergehalt desselben, der in der gewöhnlichen Weise zu bestimmen ist; die Proben sind sowohl aus dem Inneren, wie auch nahe der Kruste zu entnehmen. Frisches Brot aus feinem Mehl enthält etwa 38, gröberes 40, Commisbrot bis zu 45 % Wasser; beim Liegen verliert das letztere pro Tag etwa 1 %. — Nebenbei ist darauf zu achten, dass der Teig gleichmässig aufgegangen ist und nicht dichtere, teigige Stellen zeigt.

Ferner ist ein zu hoher Säuregrad des Brotes von Bedeutung; der Säuregehalt lässt sich leicht mit Normalalkali titriren, doch fehlt es vorläufig noch an Vergleichszahlen, die als Grundlage dienen können.

Entwicklung von Mikroorganismen ist häufig im Brot beobachtet worden; die Differenzirung derselben nach ihrem hygienischen Effect ist zur Zeit noch nicht möglich. — Conditorwaaren geben wegen der häufig vorkommenden reichlichen mineralischen Beimengungen Anlass zur Untersuchung; dann aber namentlich wegen der Verwendung giftiger Farben. Ueber den Nachweis dieser s. unter „Kleidung“.

Untersuchung der Früchte und Gemüse.

Früchte und Gemüse bieten in Bezug auf ihre Analyse keine wesentlichen Abweichungen von dem oben gegebenen Schema. — Bei der Analyse der Kartoffel ist zu beachten, dass auch hier der N-Gehalt multiplicirt mit 6,25 nicht identisch ist mit der Menge der Eiweissstoffe, dass vielmehr eine erhebliche Quantität (nahezu die Hälfte) des Stickstoffs in Form von Asparagin, anderen Amidosäuren und Solanin enthalten ist.[14] — Für technische Zwecke sind vielfach abgekürzte Bestimmungen des Gehalts der Kartoffeln an Stärkemehl und Trockensubstanz empfohlen; so z. B. kann derselbe nach den Tabellen von Heidepriem und Abesser und Holdefleiss aus dem specifischen Gewicht der Kartoffeln entnommen werden, welches letztere nach Stohmann in einer Art Volumenometer, welches man mit Wasser aus einer Bürette bis zur Marke auffüllt, bestimmt wird. Ueber diese Methoden s. in der unten citirten Literatur.[15]

Hygienische Bedeutung der Mehlanalyse.

Hygienische Bedeutung kommt der Mehl- und Brotuntersuchung in den Fällen zu, wo Mutterkorn oder grössere Mengen differenter mineralischer Substanzen beigemengt sind; ferner hat der Nachweis verdorbenen Mehles, sowie zu wasserhaltigen und zu sauren Brotes ein gewisses Interesse. Die übrigen Fälschungen und Zusätze kommen theils zu selten vor, theils sind sie ohne hygienische Wirkung.

Literatur. 1) Pillitz, Z. f. anal. Ch. 11, 47. — Vgl. ferner: v. Bibra, Die Getreidearten und das Brot, Nürnberg 1861. — Ritthausen, Die Eiweisskörper der Getreidearten, Bonn 1872. — Ludwig, Arch. f. Pharm. (2) 147, 1. — Wanklyn, Brit. medic. Journ. 1873. 342. — 2) Nach Liebermann, Anleitung zu chemischen Untersuchungen, Stuttgart 1877, p. 66. — 3) Klencke, Illustrirtes Lexikon der Verfälschungen, 2. Aufl. Leipzig 1879. — 4) Berlandt, Arch. f. Pharm. 132. 282. — 5) Jacoby, Pharm. Zeitschr. f. Russl. 3, 25. — Zeitschr. f. anal. Ch. 3, 508. — 6) Böttger, Chem. Centralbl. (3) 2, 624. — Hoffmann, Pharm. Zeitg. 23, 576. — 23, 726. — Wolff, Pharm. Zeitg. 23, 532, ref. in Z. f. anal. Ch. 18, 119. — Petri, Zeitschr. f. anal. Ch. 18, 211. — 8) Flückiger, Schweiz. Zeitschr. f. Pharm. 1862. 7 (nach Cailletet, in Gille, Falsifications, Bruxelles 1860, p. 266). — Himly, Unters. aus d. Kieler Univ.-Labor. Kiel 1877. — Zeitschr. f. anal. Ch. 17, 508. — Hager, Pharm. Centralh. 18, 135. — 9) Hadon, Chem. News 1862. 146. — Z. f. anal. Chem. 2, 97. — Stoddart, The Analyst 1879. 7. — Young, The Analyst 1879. 6. — Dupré, The Analyst 1879. 1. — Welborn, Chem. Centralbl. (3) 10. 559. — 10) Vgl. Danckwortt, Arch. d. Pharm. (2). 145, 47. — Puscher, Dingl. Journ. 155. 391. — 11) Vogel, Corr.-Bl. d. Ver. anal. Chem. 2, 55. — 12) Schönn, Polytechnisches Journ. 195. 469. — Z. f. anal. Ch. 9, 274. — 13) Vogl, Nahrungs- und Genussmittel aus dem Pflanzenreiche. Anleitung zum richtigen Erkennen etc. mit Hülfe des Mikroskops. Wien 1872 — 14) E. Schulze und Barbieri, Landwirthsch. Versuchsstat. 1877. 63. — Dingl. Journ. 1878. 228. — 15) Stohmann, Polyt. Notizbl. 1869. 205. — Z. f. anal. Ch. 9, 275. — Heidepriem, Landw. Versuchsstat. 20, 1. — Z. f. anal. Ch. 17, 233 (Ausführliche Tabelle). Vgl. ferner: Wolff, Anleitung, Berlin 1875. 194. — König, Nahrungsmittel, Anhang. —

5. Bier.

5. Untersuchung des Biers.

Die im Folgenden abzuhandelnden Getränke, die wegen ihres Gehalts an Nahrungsstoffen noch zu den Nahrungsmitteln zu rechnen sind, die aber andererseits wegen ihres normalen Gehalts an reizenden resp. giftigen Stoffen den Genussmitteln sich anreihen, unterliegen zwar häufig einer Verfälschung und Veränderung ihrer normalen Beschaffenheit; doch hat der Nachweis derselben naturgemäss ein weit geringeres Interesse als die Analyse der im Vorstehenden besprochenen allgemein verbreiteten und nothwendigen Nahrungsmittel. Ausserdem existirt eine so vielseitige und jeden Ansprüchen genügende Specialliteratur über Bier, Wein etc., dass es genügen wird, wenn hier nur die wichtigsten zu einer Beurtheilung dieser Getränke erforderlichen Analysen Aufnahme finden, im übrigen aber auf die angeführte Literatur verwiesen wird.[1]

Vorprüfung.

Bei der Untersuchung des Bieres hat zunächst eine Vorprüfung festzustellen, ob das Bier klar, ohne Hefeabsatz ist; ob es beim Kochen keine Flocken von eiweissartigen Stoffen absetzt; ob der Absatz eines Bieres sich unter dem Mikroskop aus den länglichen, meist zusammenhängenden Zellen der Oberhefe oder aus den kleineren, runden, einzelnen Zellen der Unterhefe bestehend ausweist, oder endlich ob die beobachtete Trübung aus amorphen Eiweissmassen zusammengesetzt ist. — Wenn die Farbe eines Bieres künstlich aufgebessert ist, so erkennt man dies durch Schütteln des Bieres mit einer weingeistigen Lösung von schwefelsaurem Ammon; es bilden sich sodann zwei Schichten; die natürliche Bierfarbe geht in die obere, alkoholische Schicht und die untere wässrige Schicht bleibt bei reinen Bieren ungefärbt, während sie braun erscheint, wenn künstliche Färbemittel angewandt waren.

Bestimmung des Alkohol- und Extractgehalts.

Die chemische Analyse des Bieres hat sodann vor allem dessen Alkohol und Extractgehalt zu ermitteln, wobei man unter Extract die Summe der nicht flüchtigen Substanzen, also die Menge aller im Bier enthaltenen Stoffe mit Ausnahme der Kohlensäure, des Alkohols und des Wassers versteht. — Die Extractmenge kann man zunächst durch Trocknen zu ermitteln suchen; doch stösst ein solcher Versuch auf grosse Schwierigkeiten, da bei höherer Temperatur leicht Zersetzung der übrigen Bestandtheile des Bieres eintritt. Man verdampft 5 gr Bier in einer flachen gewogenen Schale bei 70—75°; nach 24 Stunden wägt man zum ersten, nach weiteren 2 Stunden zum zweiten Male, und nimmt den Rückstand als identisch mit der Extractmenge an, wenn keine erhebliche Gewichtsabnahme mehr stattgefunden hat.

Directe Extractbestimmung.

Besser benutzt man zur Extractbestimmung die Messung des specifischen Gewichts des von Alkohol und Kohlensäure befreiten Bieres, zumal man den Versuch leicht so modificiren kann, dass man gleichzeitig die Menge des Alkohols erfährt. Zur specifischen Gewichtsbestimmung hat man früher vielfach Aräometer angewandt, so die Balling'sche Bierwage; jedoch ist mit diesen nur ein approximatives Resultat erreich-

Extractbestimmung aus dem specifischen Gewicht.

bar. — Zu exacten Versuchen benutzt man das Pyknometer (vgl. pag. 179, Fig. 49), und zwar führt man eine Bestimmung mit demselben in der Weise aus, dass man zunächst das zu untersuchende Bier so lange schüttelt, bis sich keine CO_2 Entwicklung mehr zeigt. Dann füllt man das Pyknometer, wägt und berechnet das specifische Gewicht in der oben (pag. 354) angegebenen Weise. An der so erhaltenen Ziffer ist ausser dem Extract auch der Alkohol des Bieres betheiligt; lässt man letzteren unberücksichtigt, und berechnet, welcher Extractgehalt dem gefundenen specifischen Gewicht des ganzen Bieres entsprechen würde, so erhält man den scheinbaren Extractgehalt des Bieres. Man findet die Extractmenge, welche den verschiedenen specifischen Gewichten zukommt, in der von Schultze berechneten Tabelle XV.

Bestimmung des scheinbaren Extractgehalts.

Sodann wägt man in einer leichten Schale eine etwa um die Hälfte grössere Menge Bier ab, als der Inhalt des Pyknometers beträgt (oder misst eine solche Quantität in einem Glase ab, an dessen engem Halse die Marke angebracht ist, und spült von da das Bier unter sorgfältigen Nachwaschen in die Schale, hat aber dann das spec. Gewicht zu berücksichtigen) und dampft auf dem Wasserbad ungefähr auf $^1/_3$ des Volums ein, indem man dadurch den Alkohol verjagt. Nach dem Erkalten füllt man mit Wasser genau auf das frühere Gewicht auf (resp. auf das frühere Volum) und führt mit der so erhaltenen Flüssigkeit wiederum eine specifische Gewichtsbestimmung im Pyknometer aus. Aus Tabelle XV entnimmt man dann den dazu gehörigen wirklichen Extractgehalt des Bieres.[2]

Bestimmung des wirklichen Extractgehalts.

Mit Hülfe dieser Zahlen lässt sich weiter der Alkoholgehalt des Bieres unmittelbar berechnen. Man dividirt das specifische Gewicht des ganzen Bieres durch das specifische Gewicht des vom Alkohol befreiten Bieres; zu dem erhaltenen Quotienten sucht man nach Tabelle XVI den Procentgehalt an Alkohol auf; dieser Werth dividirt durch das specifische Gewicht des alkoholfreien Bieres giebt den Procentgehalt des untersuchten Bieres an Alkohol.

Berechnung des Alkoholgehalts.

Sehr leicht lässt sich nöthigenfalls eine directe Bestimmung des Alkohols mit obiger Untersuchungsmethode verbinden, wenn man nämlich das Bier destillirt statt abdampft, das Destillat mit Wasser wieder auf das ursprüngliche Gewicht des Bieres auffüllt und dann die specifische Gewichtsbestimmung vornimmt; der Procentgehalt an Alkohol ergiebt sich sodann unmittelbar aus Tabelle XVI. — Der Extractgehalt normaler Biere schwankt zwischen 4 und $9^1/_2$ %; der Alkoholgehalt zwischen $2^1/_2$ und 9 %.

Bestimmung des Alkoholgehalts aus dem specifischen Gewicht.

Neben dem Extract und Alkohol wird häufig noch eine Bestimmung des Gehalts eines Bieres an Kohlensäure und an freier Säure ausgeführt. Die freie

Kohlensäure wird durch Kochen ausgetrieben und dabei in einem mit Kalilauge und Kalistückchen beschickten Apparat aufgefangen, während Wasser- und Alkoholdämpfe durch concentrirte Schwefelsäure zurückgehalten werden; oder man bestimmt die CO_2 aus dem Gewichtsverlust, indem man das Bier erhitzt, Wasser- und Alkoholdämpfe aber durch ein Chlorcalciumrohr zurückhält.[3] — Die saure Reaction des Bieres, selbst nach der Austreibung der CO_2, beruht auf der Anwesenheit von Milchsäure und geringen Mengen Essigsäure und Bernsteinsäure. Man bestimmt den gesammten Säuregrad, der (auf Milchsäure berechnet) im Schankbier höchstens 2 %, im Lagerbier höchstens 4 % des Extractgehalts betragen soll, indem man die CO_2 durch Schütteln austreibt und dann 10 cc unter Anwendung von Curcumapapier mit $^1/_{10}$ Normalnatronlauge titrirt.[4] Bestimmung der Kohlensäure. Bestimmung der übrigen Säuren des Biers.

Wichtig für die Beurtheilung eines Bieres ist ferner die Bestimmung der Asche und speciell der Phosphorsäure. Ist das Gewicht der Gesammtasche sehr hoch — über 3,5 % —, so ist es wahrscheinlich, dass das Bier mit Soda, Pottasche oder Marmor neutralisirt oder mit Kochsalz versetzt wurde; enthält ferner das Bier unter 0,5 gr pro Liter Phosphorsäure, so deutet dies auf einen Zusatz von Kartoffelzucker, Syrup oder Glycerin, welche keine Phosphorsäure enthalten. — Zur Bestimmung der Gesammtasche dampft man 100 cc Bier in einer Platinschale zur Trockne und verascht bei sehr kleiner Flamme. — Um die Phosphorsäure quantitativ zu ermitteln verascht man 500 gr Bier unter Zusatz von 2—3 gr Aetzbaryt. Den Rückstand dampft man wiederholt mit etwas Salpetersäure zur Trockne, um Kieselsäure abzuscheiden; dann nimmt man in starker Salpetersäure auf und filtrirt. Im Filtrat bestimmt man die Phosphorsäure nach einer der in Fresenius' quantitativer Analyse angegebenen Methoden; am einfachsten dadurch, dass man von dem auf ein bestimmtes Volum (300 cc) gebrachten Filtrat einen aliquoten Theil abmisst (30 cc), mit 100 cc Molybdänlösung (150 gr molybdänsaures Ammon in $^1/_2$ Liter Ammoniak gelöst und in $1^1/_2$ Liter Salpetersäure eingegossen) versetzt, 10 Minuten in kochendem Wasser lässt, nach dem Erkalten filtrirt und mit verdünnter Molybdänlösung (1 Theil und 3 Theile Wasser) nachwäscht. Den Niederschlag löst man dann in verdünntem Ammoniak, fällt mit Magnesiamixtur und wägt schliesslich als pyrophosphorsaure Magnesia.[5] Analyse der Asche. Bestimmung der Phosphorsäure.

Zu den normalen Bestandtheilen des Bieres gehört endlich noch das Glycerin, das sich in einer Menge von 0,02 bis 0,05 % vorfindet, häufig aber in grösserer Menge dem Biere zugesetzt wird. Um dasselbe zu bestimmen, werden nach Griessmayer „200 cc in einer Porcellanschale im Wasserbade erwärmt, nach Austreibung der CO_2 mit 5 gr Magnesiahydrat versetzt und bei einer Temperatur von 70—80° langsam abgedampft. Sobald der Rückstand so zähe geworden ist, dass man ihn mit einem Glasstabe nicht mehr umrühren kann, nimmt man die Schale vom Bade, bringt ca. 100 cc absoluten Alkohol hinein, rührt nunmehr die Masse mittelst eines Pistills zu einem feinen Staube an und lässt sie dann $^1/_2$ Stunde mit dem Alkohol stehen. Dann giesst man den Alkohol durch ein Filter in ein geräumiges Becherglas von ca. 1 Liter Inhalt und behandelt den Rückstand noch zweimal mit etwa 50 cc Bestimmung des Glycerins.

Alkohol. Schliesslich bringt man den ganzen Rückstand aufs Filter und wäscht ihn hier noch mit 50 cc Alkohol nach. Nun giesst man unter Umrühren ca. 700 cc Aether hinein; es erfolgt sofort ein Niederschlag, den man in grosse Schalen abfiltrirt und mit einer Mischung von 1 Theil Alkohol und $3^1/_2$ Theilen Aether auf dem Filter auswäscht. (Entsteht nicht sofort ein Niederschlag, sondern nur Trübung, so muss man 24 Stunden stehen lassen). — Das ätherische Filtrat lässt man 12 bis 18 Stunden zur spontanen Verdunstung des Aethers stehen, dünstet dann die alkoholische Flüssigkeit bis auf ein kleines Volum ein, bringt dieses in eine kleine Glas- oder Porcellanschale (wo möglich mit Wänden, welche mit dem Boden einen rechten Winkel bilden) unter Nachspülen mit absolutem Alkohol und dunstet zur Syrupsconsistenz ein. Dann bringt man das Schälchen unter den Recipienten einer Luftpumpe, lässt 24 Stunden stehen, behandelt dann den Rückstand unter lebhaftem Umrühren mit einem Glasstabe mit ca. 10 bis 15 cc absoluten (durch Kupfervitriol entwässerten) Alkohol, filtrirt durch ein ganz kleines Filterchen, das man mit absolutem Alkohol nachwäscht, in eine ähnliche Schale, dunstet wieder auf dem Wasserbade und schliesslich im Recipienten ein und wägt."[6]

Nachweis von Kartoffelzucker,

Als ferneres Surrogat für Malzbestandtheile ist Kartoffelzucker oder -syrup zu nennen. Man weist denselben direct nach, indem man einen Liter Bier dialysirt, das Dialysat mit Hefe versetzt und nach dem Aufhören der Gährung im Polarisationsapparat untersucht. Im Stärkezucker findet sich stets eine Substanz, welche durch Pergamentpapier hindurchgeht und sich dadurch vom Dextrin trennen lässt, welche nicht vergährt, welche aber die Polarisationsebene nach rechts dreht. Findet man daher für jenes Dialysat eine Rechtsdrehung, so ist eine Beimengung von Kartoffelzucker erwiesen.[7] (Vgl. pag. 404).

von Salicylsäure,

von doppelt schwefligsaurem Kalk.

Als conservirende Mittel werden dem Bier nicht selten Salicylsäure und salicylsaures Natron, ferner doppelt schwefligsaurer Kalk zugesetzt. Erstere weist man durch die bekannte Violettfärbung nach, die entsteht, wenn man 10 cc (eventuell eingedampftes) Bier mit $^1/_2$ cc Schwefelsäure ansäuert, mit 10 cc Aether ausschüttelt und den Aether mit Eisenchlorid prüft. — Bei Gegenwart des Kalksalzes zeigt sich Bräunung eines frisch mit Bleiessig getränkten Papieres, wenn man das Bier im Kolben mit Zink und Salzsäure behandelt und den Kolben mit einem solchen Papier bedeckt.

Endlich kommen noch vielfach Hopfensurrogate in Anwendung. Die Untersuchung und Trennung derselben erfordert jedoch sehr complicirte Methoden und specielle Uebung in Laboratoriumsarbeiten. Hier möge nur der Nachweis fremder Bitterstoffe überhaupt, sowie die Auffindung des bei uns häufigsten Zusatzes, der Pikrinsäure Erwähnung finden.

Nachweis fremder Bitterstoffe.

Fügt man zu etwas Bier so lange Bleiessig, bis kein Niederschlag mehr erfolgt und lässt diesen sich ruhig absetzen, so hat die darüberstehende klare Flüssigkeit keinen bitteren Geschmack mehr, wenn nur Hopfen darin war, während bei allen Surrogaten die Flüssigkeit bitter bleibt, da nur Hopfenbitter durch Bleiessig gefällt wird.[8] — Zum Nachweis der Pikrinsäure dienen folgende Reactionen: digerirt man etwas Bier mit Knochenkohle und filtrirt, so ist das Filtrat nur bei Gegenwart von Pikrinsäure gelb gefärbt. — Oder man concentrirt das Bier durch Eindampfen auf dem Wasserbade, setzt einige Tropfen Salzsäure zu und legt ein Stück weisses Wollgarn oder Seidenzeug hinein. Ist dasselbe nach einer Stunde weiss, so ist keine Pikrinsäure vorhanden, ist es aber gelblich, so können möglicherweise färbende Extractivstoffe des Bieres ausser Pikrinsäure die Ursache sein; man spült das Zeug dann mit Ammoniak ab, dampft die Flüssigkeit auf einen kleinen Rest ein, setzt

Reactionen auf auf Pikrinsäure.

Cyankalium zu und erwärmt weiter; eine blutrothe Färbung (von isopurpursaurem Kali) zeigt dann Pikrinsäure an. — Oder auch man schüttelt 10 cc Bier mit 5 cc Amylalkohol und verdunstet die abgehobene Alkoholschicht; den Rückstand behandelt man mit Cyankalium oder auch mit Schwefelammonium in der Wärme oder kocht mit Traubenzucker und Natronlauge; im ersten Falle entsteht die rothviolette Färbung der Isopurpursäure, in den beiden letzten Reactionen die rothe Färbung der Pikraminsäure.[9] — Die übrigen Bitterstoffe des Biers, wie Colchicin, Brucin, Pikrotoxin etc. weist man nach, indem man das eingedampfte Bier der Reihe nach mit Alkohol, Benzin, Amylalkohol, Aether auszieht. Das Nähere siehe in den unten citirten Specialanleitungen.[10]

Literatur. 1) Reischauer, Die Chemie des Bieres. Herausgegeben von Griessmayer, Augsburg 1878. — Griessmayer, Die Verfälschung etc. Augsburg 1880. — O. Dietzsch, Nahrungsmittel, Zürich 1879. pag. 90. — Otto, Die Bierbrauerei. Aus Bolley's Handbuch der Technologie, Braunschweig Vieweg. — Wenke, Das Bier und seine Verfälschungen, Weimar 1861. — Mair, Das Bier und dessen Untersuchung, München 1864. — Vogel, Die Bieruntersuchung, Berlin 1866. — Stierlin, Das Bier und seine Verfälschungen, Bern 1878. — Reichardt, Prüfung und Beurtheilung des Bieres für die Zwecke der Gesundheitspflege, Thür. Corr. Bl. 3, 1. — Sell, Ueber Bier und seine Verfälschungen, V. f. öff. Ges. 10, 144. — Pasteur, Etudes sur la Bière. Paris 1876. — Eine vollständige Bieranalyse behandeln ferner: Reischauer, Repertor f. Pharm. 11, 501. — Steinheil, Optische Bieranalyse. Abhandl. d. 2. Cl. d. Ak. d. Wiss. zu München 3, 691. — Engelmann, Analyse nach Steinheil's Methode, Journ. f. prakt. Chem. 50, 133. — Metz, Die aräometrische Analyse des Bieres, Bayer. Bierbrauer 5, 141. — Skalweit, Bieranalyse mit dem Polarisationsapp., Jahresb. 1877/78 des Untersuchungsamts etc. in Hannover. — 2) Griessmayer, Chem. Ber. 11, 292. — Bayr. Bierbrauerei 12, 34. — Dingler's Journ. 230. 428. — Knab, Dingl. Journ. 206, 485. — Schultze, Zeitschrift f. d. ges. Brauwesen 1878. 18. — Dingler's Journ. 230, 421. — Z. f. anal. Chem. 19, 101. — Dahm, Annal. d. Oenolog. 8, 83. — Z. f. anal. Chem. 19, 230. — 3) Langer und Schultze, Bayer. Bierbr. 1879. — 4) Reichardt, Arch. d. Pharm. 8, 6. — 5) Griessmayer, l. c. — Elsner, Zeitschr. d. Ver. gegen Verf. d. Lebensm. 2, 52. — 6) Griessmayer, Chem. Ber. 11, 292. — Die Verfälschung der wichtigsten Nahrungsmittel pag. 67. — Pasteur, Ann. chym. phys. (3), 58. 330. — Weil, Zeitschr. geg. d. Verf. d. Lebensm. 1, 199. — Verhandl. d. Ver. z. Beförd. d. Gewerbfleisses 1878. — 7) Neubauer, Z. f. anal. Chem. 15, 188. — 16, 201. — 17, 321. — Dieterich, Arch. d. Pharm. 7, 246. — 8) Siegfried, Jacobsen's Cem.-techn. Repertor. 1875. — 9) Carey Lea, Journ. f. prakt. Chem. 86, 186. — Brunner, Schweiz. Woch. f. Pharm. 11, 275. — Z. f. anal. Chem. 12. 450. — 10) Kubicki, Ermittelung fremder Bitterstoffe im Bier nach Dragendorff's Methode. (Mit ausführl. Reactionsschema.) Pharm. Zeitschr. f. Russl. 1873, 449. — Z. f. anal. Ch. 13, 67. — Dragendorff, Gerichtl.-chem. Ermittelung von Giften, Petersburg, 1876. — Wittstein, Elsner's Mittheilungen, 1878. 20. — Brunner, Reactionsschema für Alkaloide etc. nach dem Verfahren von Stas-Otto, Arch. d. Pharm. 202. Beilage. — Z. f. anal. Chem. 13, 72. — Ludwig, Zur Isolirung der Bitterstoffe, Z. f. anal. Chem. 1,15. — Enders, Ermittelung fremder Bitterstoffe im Bier, N. Rep. f. Pharm. 17, 213. — Hager, Chemisches Verhalten der Harze von Aloë, Coloquinthen etc. Pharm. Centralhalle 1865. — Tabelle zur Analyse der Drastica. Pharm. Centralhalle 6, 49. — Tjaden-Moddermann, Ueber die Eigenschaften der normalen Bierbestandtheile, welche nach den Methoden von Stas-Otto und Dragendorff ausgeschüttelt werden. Z. f. anal. Chem.

16, 328. — Griessmayer, Alkaloide des normalen Bieres. Corr. Bl. d. Ver. anal. Chem. 2, 2. — Z. f. anal. Chem. 19, 105. — Vgl. ferner die Referate in Z. f. anal. Chem. 5, 406. — 6, 123. — 6, 300. — 7, 521. — 8, 103. — 11, 201. — F. Pikrotoxin s.: Schmidt, Journ. f. prakt. Chem. 87, 344. — Dragendorff, Pharm. Z. f. Russl. 1862. 16. — Langley, Sill. am. Journ. (2). 34, 109. — Köhler, N. Rep. f. Pharm. 17, 213. — Z. f. anal. Chem. 2, 468. — 2, 404. — 8, 80. — F. Aloë: Z. f. anal. Ch. 4, 491. — Schacht, Pharm. Centralh. 1865. 408. — Bach, Z. f. anal. Ch. 13, 457. — Bornträger, Z. f. anal. Ch. 19, 165. — Hager, l. c. —

6. Wein.

6. Untersuchung des Weins.

Nur wenige der häufiger vorkommenden Fälschungen des Weines haben ein hygienisches Interesse; die gewöhnlichen künstlichen Veränderungen des natürlichen Weines (Chaptalisiren, Petiotisiren, Gallisiren) sind vom hygienischen Standpunkte aus sogar eher als vortheilhaft anzusehen. — Die Methoden der Weinalyse, welche in zahlreichen Specialabhandlungen eingehend beschrieben sind, betreffen Alkohol- und Extractgehalt des Weines; Zucker, Asche (Phosphorsäure); die Gesammtmenge von freien Säuren, speciell Essigsäure; Weinsäure; Glycerin; die Farbstoffe.[1]

Bestimmung des Alkohol- und Extract-gehalts.

Der Alkoholgehalt wird entweder nach pag. 398 bestimmt, indem man von dem abgemessenen Wein die Hälfte abdestillirt, das Destillat auf das ursprüngliche Volum auffüllt und dann aus dem spec. Gew. nach Tab. XVI den Alkoholgehalt ableitet. — Nach Pasteur destillirt man die Hälfte ab, versetzt das Destillat dann mit Kalkwasser und destillirt wieder; man verhindert dadurch ein Destilliren der freien Säure.

Gewöhnlich verbindet man jedoch die Alkoholbestimmung mit der Extractbestimmung. Unter dem Extract des Weines versteht man auch hier die nicht flüchtigen Stoffe, also die Bestandtheile des Weines mit Ausschluss des Wassers, des Alkohols, der Kohlensäure, Essigsäure, und der das Bouquet bedingenden Aetherarten. Man kann die Extractbestimmung genau wie oben beim Bier ausführen, indem man eine gewogene Menge Wein von bekanntem spec. Gew. bei sehr niederer Temperatur (75—80°) auf $^1/_3$ des Volums eindunstet, mit Wasser auf das frühere Gewicht bringt und wieder das spec. Gew. bestimmt. Aus dem letzteren ist sodann der Extractgehalt bei Süssweinen direct aus der von Schultze für Würzeextract berechneten Tabelle XV zu entnehmen; bei extractarmen Weinen scheint dagegen besser die im Folgenden mitgetheilte von Hager berechnete Tabelle verwendet zu werden. — Der Alkoholgehalt lässt sich sodann in derselben Weise wie beim Biere auch ohne directe Bestimmung aus den specifischen Gewichten des ursprünglichen und des entgeisteten Weines berechnen; doch ist eine directe Bestimmung des Alkohols immer erwünscht und ohne jede Schwierigkeit.[2]

Hager's Tabelle zur Berechnung der Extractmenge im Wein.

Hager's Tabelle über den Gehalt wässeriger Weinextractlösungen.
Temperatur 15 ° C.

Procent Extractgehalt.	Specifische Gewichte.	Procent Extractgehalt.	Specifische Gewichte.
0,5	1,0022	7,50	1,0343
0,75	1,0034	7,75	1,0355
1	1,0046	8	1,0367
1,25	1,0057	8,25	1,0378
1,50	1,0068	8,50	1,0390
1,75	1,0079	8,75	1,0402
2	1,0091	9	1,0414
2,25	1,0102	9,25	1,0426
2,50	1,0114	9,50	1,0437
2,75	1,0125	9,75	1,0449
3	1,0137	10	1,0461
3,25	1,0148	10,25	1,0473
3,50	1,0160	10,50	1,0485
3,75	1,0171	10,75	1,0496
4	1,0183	11	1,0508
4,25	1,0194	11,25	1,0520
4,50	1,0205	11,50	1,0532
4,75	1,0216	11,75	1,0544
5	1,0228	12	1,0555
5,25	1,0239	12,25	1,0567
5,50	1,0251	12,50	1,0579
5,75	1,0263	12,75	1,0591
6	1,0274	13	1,0603
6,25	1,0286	13,25	1,0614
6,50	1,0298	13,50	1,0626
6,75	1,0309	13,75	1,0638
7	1,0321	14	1,0651
7,25	1,0332	14,25	1,0663

Directe Extractbestimmung.

Die directe Bestimmung des Extracts stösst auf grosse Schwierigkeiten wegen der Zersetzlichkeit und Flüchtigkeit vieler Substanzen und andererseits wegen der stark hygroskopischen Eigenschaften des Weinrückstandes. Am sichersten gelingt die Bestimmung, wenn man 5 gr Wein bei einer Temperatur von 15—20° im Vacuum austrocknet, wozu etwa 8 Tage erforderlich sind (Gautier). Nach Dietzsch verfährt man folgendermassen: 10 gr Wein werden in einem kleinen, genau tarirten

Porcellantiegel bei schwacher Spiritus- oder Gasflamme ohne Umrühren verdampft, und zwar bis zu dem Punkt, wo der Rückstand zu knistern anfängt und der erste schwache Geruch von verbrennender Weinsäure auftritt. Dann wird der Tiegel sofort vom Feuer genommen und gleich gewogen. — Natürliche Weine zeigen meist einen Extractgehalt von 1,8—2,2%.

Nachweis eines Zusatzes von Kartoffelzucker. (Methoden von Neubauer.)

Von den Componenten des Extractes hat namentlich der Zucker, und speciell dessen Verhalten im Polarisationsapparat grösseres Interesse, weil man durch letzteres einen Zusatz von käuflichem Stärkezucker nachweisen kann. Der Zucker der Trauben besteht aus einer Mischung von Dextrose und Laevulose, die ungefähr zu gleichen Theilen, wie im Invertzucker, darin vertreten sind; eher überwiegt die Laevulose etwas. Da die Laevulose ein viel stärkeres Drehungsvermögen nach links besitzt, als die Dextrose nach rechts, so resultirt für sämmtliche Moste eine Linksdrehung (5—8° V. S.); bei den Weinen, wo die ursprünglich 14—18% betragende Zuckermenge fast ganz vergohren ist, beträgt das Drehungsvermögen in den meisten Fällen = 0, bei feinen Auslese-Weinen, die noch unvergohrenen Zucker enthalten, bleibt eine Linksdrehung bestehen; bei anderen kann eine Rechtsdrehung von 0,1—0,2° bestehen, die von der Weinsteinsäure oder anderen noch unbekannten Körpern herrührt. Concentrirt man solche Weine auf das 6—8fache und untersucht die nach dem Herauskrystallisiren des Weinsteins etc. entfärbte Lösung in einer 220 mm langen Röhre, so zeigt sich bei allen Weinen, selbst den reinsten eine schwache, zwischen 0,4 und 2° schwankende Rechtsdrehung.

Verhalten des Kartoffelzuckers.

Ist nun dem Weine käuflicher Kartoffelzucker zugesetzt — der stets gewisse unter dem Namen „Amylin“ zusammengesetzte Stoffe enthält, welche unvergährbar sind, welche die Polarisationsebene nach rechts drehen, ferner in Alkohol grösstentheils löslich und aus dieser Lösung durch eine genügende Menge Aether fällbar sind — so wird sich dieser namentlich durch das stärkere Rechtsdrehungsvermögen des Weines erkennen lassen.

Directe Untersuchung des Weins.

Zur optischen Prüfung füllt man (nach Neubauer)[3] Weisswein je nach dem Grad der Färbung, in eine 100 oder 200 mm lange Röhre und prüft bei Natriumlicht, ob eine Rechtsdrehung der Polarisationsebene stattfindet oder nicht. Fällt dieselbe zu gering aus um jeden Zweifel zu beseitigen, so verdunstet man, je nach dem Ausfall der ersten Prüfung, 500, 400 oder 200 cc der fraglichen Weine auf 25 cc, behandelt in der Hitze mit reiner, ausgezogener Thierkohle, lässt erkalten, filtrirt, verdünnt bis auf 50 cc und untersucht das absolut klare Filtrat in 200 mm langer Röhre. — Bei Rothweinen erreicht man eine Entfärbung entweder durch Behandeln mit Thierkohle allein oder durch Fällung mit Bleiessig

Entfärbung des Weins durch Thierkohle.

und darauf folgende Behandlung mit Thierkohle. Beim ersten Verfahren verdunstet man 100 cc des fraglichen Weins bis zur Hälfte, versetzt mit reiner ausgewaschener Thierkohle in genügender Menge, filtrirt, verdünnt wieder auf 100 cc und benutzt das klare Filtrat zur optischen Untersuchung. Allein die rothen Weine enthalten neben dem rothen Farbstoff nicht selten einen gelben, welcher sich nur schwierig durch Thierkohle entfernen lässt, aber mit Bleiessig ziemlich vollständig beseitigt werden kann. Sollte also das erste Verfahren nicht zum gewünschten Ziele führen, so fällt man 100 cc Wein mit 10 cc Bleiessig und filtrirt sogleich. Zuweilen wird man auf diese Weise sofort ein farbloses Filtrat erzielen; häufiger indess zeigt dasselbe noch einen bläulichen oder violetten Farbenton, der aber auf Zusatz einer sehr geringen Menge reiner Thierkohle vollständig verschwindet, so dass die Flüssigkeit nach abermaligem Filtriren wasserhell erhalten wird. (Ist eine stärkere Concentration des Rothweins erforderlich, um deutliche Resultate zu erhalten, so fällt man 400 cc Wein mit 40 cc Bleiessig, filtrirt und verdunstet das Filtrat bis auf 60 cc. Auf Zusatz von etwas Thierkohle tritt dann vollständige Entfärbung auf, so dass das auf 100 cc wieder verdünnte Filtrat zur optischen Untersuchung sehr geeignet ist.)

durch Bleiessig und Thierkohle.

Zeigt nun ein Wein bei dieser Prüfung eine Rechtsdrehung von über 1° nach rechts, so ist ein Kartoffelzuckerzusatz ohne weitere Prüfung als bewiesen anzunehmen; bewirkt der Wein keine oder höchstens eine Drehung von 0,1—0,3° nach rechts, so ist er als rein zu betrachten; beträgt aber die Drehung 0,5—0,6° nach rechts, so ist zur Erlangung sicherer Resultate noch ein besonderes Verfahren einzuschlagen. Man concentrirt in diesem Falle zunächst 250—350 cc bis zum Herauskrystallisiren der Salze. Sodann verdünnt man, nach Zusatz einer genügenden Menge reiner Thierkohle, auf 50 cc und filtrirt. Das in den meisten Fällen nur schwach gelb gefärbte Filtrat zeigt jetzt bei fast allen Weinen schwache Rechtsdrehung. Man verdunstet nun die 50 cc im Wasserbade bis zum Syrup und versetzt nach und nach unter sorgfältigem Umrühren mit einer zur vollständigen Ausfällung alles Fällbaren genügenden Menge Weingeist von 90%. Hat sich nach 6—8stündiger Ruhe der Weingeist vollkommen geklärt, so giesst man letzteren von der in den meisten Fällen zähen, klebrigen Fällung ab, oder filtrirt, wenn der Niederschlag flockig ausgefallen ist. Niederschlag und alkoholisches Filtrat behandelt man darauf gesondert. 1) Den Niederschlag löst man in kaltem Wasser; ist die Lösung unter Zurücklassung mineralischer Stoffe erfolgt, so fügt man eine geringe Menge Thierkohle zu und filtrirt; das Filtrat verdünnt man auf 30 cc und untersucht es auf sein Drehungsvermögen. Bei allen reinen Naturweinen befindet sich der die Rechtsdrehung be-

Untersuchung des Weins nach dem Concentriren.

Behandeln mit Alkohol.

Untersuchung der alkoholischen Fällung.

wirkende Körper zum grössten Theil in dieser Alkoholfällung; bei reinen Weinen beträgt daher das Drehungsvermögen dieser 30 cc 0,5° bis 1,8° nach rechts. 2) Von der alkoholischen Lösung verdunstet man im Wasserbade den Weingeist bis zu $^1/_4$ des ursprünglich zugesetzten Volumens und versetzt darauf die erkaltete, in einem Kölbchen befindliche Lösung nach und nach unter starkem Umschütteln mit dem 4—6fachen Volum Aether. Es scheidet sich hiernach in der Ruhe unter dem Aether eine mehr oder weniger dicke wässrige Lösung ab, welche bei kartoffelzuckerhaltigen Weinen die in Alkohol löslichen unvergährbaren Stoffe dieses Präparates enthält. Hat sich der Aether geklärt, so giesst man denselben ab, oder trennt ihn mittelst Scheidetrichters. Die wässrige Lösung verdünnt man darauf mit Wasser, erwärmt auf dem Wasserbade zur Entfernung des Aethers, entfärbt mit Thierkohle, filtrirt und verdünnt das Filtrat je nach der Capacität der Beobachtungsröhre auf das nöthige Volum (30 cc). Bei reinen Naturweinen beträgt die beobachtete Rechtsdrehung dieser wässrigen Lösung der Aetherfällung entweder 0 oder höchstens 0,2 bis 0,5° nach rechts; kartoffelzuckerhaltige Weine dagegen geben eine Rechtsdrehung von 2,6° bis 11,7° und mehr.

Untersuchung der alkoholischen Lösung.

Fällung mit Aether.

Prüfung des wässrigen Rückstandes.

Der unvergohrene Zucker im Wein lässt sich auch mittest Fehling'scher Lösung nach pag. 334 bestimmen; in den meisten Fällen hat man zu diesem Zwecke den Wein vorher zu entfärben, was genau nach den von Neubauer gegebenen Vorschriften erfolgen kann. — Ist dem Weine Rohrzucker zugesetzt, so wird sich dieser am leichtesten durch den Polarisationsapparat, event. jedoch nach pag. 339 neben dem natürlichen Zucker der Trauben bestimmen lassen.[4]

Analyse der Asche des Weins.

Wichtige Anhaltspunkte zur Beurtheilung eines Weines liefert auch die Analyse der Asche. Zur Gesammtaschenbestimmung trocknet man 100 gr in einer Platinschale und verascht mit Vorsicht auf kleiner Flamme. Der starke Phosphatgehalt der Asche bewirkt, dass die Asche sehr schwer weiss brennt; man kann die Kohlepartikelchen entweder durch Zerdrücken mittelst eines Pistills und Verreiben mit der übrigen Masse oder durch Zusatz von etwas salpetersaurem Ammon zu verbrennen suchen. Der Aschengehalt beträgt bei reinen Weinen 0,15—0,3%.[5] — Die weitere Analyse ist hauptsächlich auf den Nachweis eines Zusatzes von Gyps gerichtet; ferner auf die Bestimmung der Phosphorsäure, die in Kunstweinen zu fehlen pflegt; sowie auf die Thonerde, die in natürlichen Weinen nur spurweise vorkommt, dagegen reichlich in gefärbten Weinen. — Gypszusatz giebt sich zu erkennen durch eine Vermehrung der Gesammtasche und durch die Reaction der Asche: ist letztere neutral und braust nicht mit Säuren auf, so war der Wein gegypst (statt des Weinsteins ist alsdann schwefelsaures Kali im Wein); reagirt die Asche alkalisch, so kann trotzdem Gyps vorhanden sein; man versetzt dann 50 cc Wein mit Salzsäure und soviel einer titrirten Chlorbariumlösung (vgl. pag. 284), als etwa 0,03 gr schwefelsaurem Kali entsprechen; dieser Zusatz genügt, um alle im normalen Wein vorhandenen schwefelsauren Salze zu fällen; entsteht daher nach dem Filtriren noch ein weiterer Niederschlag auf Chlorbariumzusatz, so ist wahrscheinlich Gyps zugesetzt.[6] — Die Phosphorsäure, deren Menge in weissen Weinen 0,15 gr., in den rothen 0,32 gr im Durchschnitt beträgt, wird genau nach der beim Bier abgehandelten Me-

Prüfung auf Gyps.

thode bestimmt. — Alaunzusatz giebt sich meist schon beim Kochen des Weines durch Abscheidung eines rothvioletten Niederschlags (einer Verbindung des Alauns mit dem Farbstoff) zu erkennen, der durch Aetzkali grünlich, durch Bleiessig schieferblau gefärbt wird. — Quantitativ ist die Thonerde in der Asche nach den gewöhnlichen analytischen Regeln zu bestimmen.[7] Prüfung auf Alaun.

Reine Weine enthalten ausser den bisher erwähnten Einzelbestandtheilen noch geringe Mengen Glycerin; geringere Weine 0,2—0,5%, schwerere 0,5—0,7%. Grössere Mengen deuten auf künstlichen Zusatz. Nachweis und Bestimmung erfolgen in 50 gr Wein, die mit 3 gr Magnesiahydrat versetzt und dann genau nach den beim Bier gegebenen Vorschriften weiter behandelt werden.[8] Bestimmung des Glycerins.

Der Wein enthält normalerweise überschüssige Säure, und zwar besteht dieselbe ausser CO_2 aus Weinsteinsäure, Aepfelsäure, Bernsteinsäure, Essigsäure. Man bestimmt diese gesammte Säuremenge dadurch, dass man bei weissem Wein 100 cc mit Lakmustinktur versetzt und mit $^1/_{10}$ Normal-Natronlösung titrirt bis zur Violettfärbung. 1 cc der Natronlösung entspricht 0,0075 gr krystallisirter Weinsäure und auf diese wird die gefundene Säuremenge umgerechnet. Bei rothem Wein entfärbt man entweder 100 cc mit Thierkohle oder man verdünnt 10—50 cc mit Wasser auf 100 cc und titrirt unter Anwendung von Reagenspapier. — Feine Weine enthalten im Minimum 0,5% freie Säure; sauere bis zu 1,2%.[9] — Um speciell die Essigsäure zu bestimmen und vollständig zu erhalten, muss eine 5malige Destillation vorgenommen werden, da der Extract dieselbe zähe zurückhält. Oder aber man muss den Wein im luftverdünnten Raume destilliren.[10] — Freie Weinsäure ist in Naturweinen so gut wie gar nicht, dagegen häufig in Kunstweinen enthalten; man weist dieselbe nach, indem man den Extract von circa 200 gr Wein wiederholt mit Alkohol auswäscht, der die Weinsäure löst, aber nicht den Weinstein des normalen Weins. Beim Abdampfen der alkoholischen Flüssigkeit erhält man sodann kleine Krystalle von Weinsäure. Der Weinsteingehalt, der zwischen 0,1 und 0,8% schwankt, kann annähernd aus der Aschenanalyse berechnet werden, da derselbe 4mal so viel beträgt, als das kohlensaure Kali der Asche; zu einer directen Bestimmung versetzt man 10 cc Wein in einem Becherglas mit 50 cc einer Mischung von gleichem Volum Aether und Weingeist, und lässt 24 Stunden stehen. Man giesst dann die Flüssigkeit von dem abgeschiedenen Weingeiste ab, wäscht den Rückstand nochmals mit Aether-Weingeistmischung, löst den Weinstein in etwas kochendem Wasser und titrirt mit $^1/_{10}$ Normal-Natronlösung.[11] — Bestimmung der freien Säure, der Essigsäure, der Weinsäure, des Weinsteins.

Häufig wird dem Traubenwein Obstwein zugesetzt. Von den zahlreichen zu dessen Nachweis empfohlenen, aber nur wenig sicheren Methoden seien folgende erwähnt: Extract und Aschenmenge findet man bei Obstweinzusatz vermehrt; erhitzt man den Extract bis zum Anbrennen und setzt man vorher noch einige Tropfen Schwefelsäure und ein kleines Kryställchen Kaliumbichromat zu, so tritt eventuell der Geruch nach Aepfeln oder Birnen deutlich hervor. — Ferner enthält der Obstwein mehr Kali; wäscht man daher den Extract von 250 gr Wein mit Weingeist von 75% bis derselbe sich nicht mehr färbt, löst dann in 12 gr Wasser, filtrirt durch ein vorher genässtes Filter und versetzt die durchgelaufene helle Flüssigkeit mit einigen Tropfen Platinchloridlösung, so entsteht, wenn Obstwein vorhanden ist, sofort ein gelber körniger Niederschlag von Kaliumplatinchlorid, der bei reinem Wein fehlt oder nur äusserst gering ausfällt (Moraweck). — Sonnex gründet eine Methode auf die Annahme, dass im Traubenwein fast alles Kali als Weinstein enthalten ist; bestimmt man daher einerseits die präformirte Weinsteinmenge, und führt andererseits alles überhaupt vorhandene Kali in Weinstein über und bestimmt nun dessen Erkennung von Obstwein im Traubenwein.

Quantität, so darf bei reinem Traubenwein keine erhebliche Differenz zwischen beiden Resultaten auftreten, namentlich darf die im zweiten Falle erhaltene Zahl nie auf das Doppelte der zuerst erhaltenen anwachsen.[12]

Nachweis fremder Farbstoffe.

Die Erkennung der künstlich zugesetzten Farbstoffe des Weines bietet für die Analyse eine sehr schwierige Aufgabe. Aus der umfänglichen über diesen Gegenstand vorliegenden Literatur[13] seien hier nur einige Methoden hervorgehoben, die auf den Nachweis fremder Farbstoffe im Allgemeinen, und speciell auf die Erkennung des hygienisch nicht ganz indifferenten Fuchsins hinzielen.

Nachweis fremder Farbstoffe im Allgemeinen.

Weisser Wein wird zuweilen mit Caramel versetzt; man schüttelt eine Probe im Reagensglas mit einigen Tropfen Eiweiss; die gelbe Zuckerfarbe bleibt dann unverändert; während der natürliche Farbstoff des Weines gefällt wird. — Alle rothen natürlichen Weine (mit Ausnahme des Weines der Färbertraube) geben beim Schütteln weisse oder blassrothe Perlen und eben solchen Schaum; die künstlich gefärbten Weine haben rothe oder violette Perlen und Schaum. — Kocht man etwas Wein in einer Porcellanschale ein, so hinterlässt natürlicher Wein braunrothe Ringe an der Wand der Schale, alle künstlich gefärbten geben schön rothe, oft ins Violette schillernde Ringe. — Versetzt man etwas Wein mit einem Ueberschuss von Ammoniak und fügt dann ein dem Weine gleiches Volum von Schwefelammonium zu, so entsteht unter allen Umständen ein Niederschlag; dieser wird abfiltrirt; der ablaufende, nicht künstlich gefärbte Wein hat dann eine bouteillengrüne Farbe, andernfalls eine gelbbraune, braunrothe oder violette Färbung. — Nach Girard und Gautier prüft man mit animalisirter Kreide (Kreide in Eiweiss getaucht und getrocknet). Betupft man dieselbe mit Wein, so erhält sie bei ächtem Wein graue Flecken; während letztere blau erscheinen bei mit Malven gefärbtem Wein, roth bei Fuchsin oder Cochenille enthaltendem Wein. — In ähnlicher Weise kann man ein glattes Stückchen fetten, weissen, gebrannten Kalk benutzen, der auf Betupfen mit reinem Wein schwärzlich-gelb-braune Flecken zeigt, bei künstlichem röthlich violette Flecken in verschiedenen Nüancen. — Wenn man ferner, ungefähr während einer Stunde, ein Stück durch essigsaure Thonerde oder durch ein Gemisch von Alaun und Weinstein gebeizte Wolle mit reinem Wein nahe zum Kochen erhitzt, so färbt sich dieselbe mehr oder weniger roth, welche Farbe der des Weines entspricht. Bringt man die Wolle in ein zweites Weinbad, so nimmt die Farbenintensität nicht mehr zu, da sie mit Farbstoff gesättigt ist. Wenn der Wein aber einen fremden Farbstoff enthielt, so ist die mit Weinfarbstoff gesättigte Wolle deswegen nicht auch mit dem fremden Farbstoff gesättigt, und wenn sie in ein zweites oder drittes Weinbad gebracht wird, so nimmt sie immer noch neue Mengen von Farbstoff auf, so dass schliesslich die Wolle im Verhältniss zum Weinfarbstoff grössere Mengen fremden Farbstoff enthält, als dies im Wein selbst der Fall ist. Diese Concentration gestattet dann natürlich ein leichteres Erkennen des zugesetzten Farbenmaterials mittelst der verschiedensten Reaktionen. Die Farbe kann in gewissen Fällen sogar von der Wolle losgelöst und dann der Einwirkung der Reagentien ausgesetzt werden. Es ist unmöglich, für jeden einzelnen Fall bestimmte Färbungen anzugeben, man muss stets vergleichsweise mit reinem Weine operiren.[14] —

Eine Unterscheidung der verschiedenen Weinfarbstoffe ist ferner durch das Spektroskop möglich; hier giebt auch das Fuchsin einen charakteristischen Absorptionsstreifen. Das nähere s. bei Vogel.[15]

Um Fuchsin[16] nachzuweisen kann man häufig mit folgenden Proben ausreichen: Man schüttet etwas Wein auf die flache Hand; wird die Haut roth gefärbt und lässt sich mit Wasser nicht entfärben, so deutet dies auf Fuchsin. — Kocht man den Wein auf, nachdem man einen weissen Wollfaden hineingelegt hat, so wird letzterer roth gefärbt und die Farbe lässt sich ebenfalls mit Wasser nicht abwaschen. — Sicherer ist die Barytmethode. — 40 cc Wein versetzt man mit einem gleichen Volum Barytwasser, schüttelt das Gemisch gut um und giesst auf ein Filter. Ist der Wein frei von künstlichen Farbstoffen, so ist das Filtrat gelb; enthält er solche, so ist die Färbung mehr oder weniger grünlich. Enthält der Wein Fuchsin, so bewirkt der Zusatz von Essigsäure im Ueberschuss eine mehr oder weniger rosarothe Färbung, welche beim Schütteln mit Amylalkohol vollständig in diesen übergeht. Hält man dann etwas rohe Seide in den Alkohol, so schlägt sich der Farbstoff vollständig darauf nieder; giesst man einige Tropfen einer frisch bereiteten Lösung von schwefligsaurem Natron zu, so wird der Alkohol augenblicklich entfärbt.

Nachweis des Fuchsins.

Das genaueste Verfahren ist das von Falières-Ritter empfohlene: 200 cc Wein werden zur Verdampfung des Alkohols auf das halbe Volum reducirt; man lässt erkalten, giesst in einen oben und unten mit einem Glashahne verschlossenen Scheidetrichter, setzt 10 cc Ammoniak zu und schüttelt das Gemisch tüchtig durch. Das Ammoniak präcipitirt die natürlichen Farbstoffe des Weines, während das Fuchsin in Lösung bleibt. Setzt man jetzt nach und nach kleine Mengen Aether zu und verleiht dem Trichter nach jedesmaligem Zusatze eine rotirende Bewegung, ohne zu stark zu schütteln, weil sich sonst, besonders bei einem grossen Ueberschusse von Ammoniak, eine Emulsion bildet, so löst derselbe das Fuchsin vollständig auf. Sollte sich trotz der angegebenen Vorsichtsmassregel eine schleimige Ausscheidung bilden, so muss man dieselbe mittelst eines Ueberschusses von Aether wieder auflösen. Nach dem letzten Aetherzusatze überlässt man der Ruhe und es bilden sich zwei sehr deutlich getrennte Schichten. Man lässt dann die untere abfliessen, wäscht die Aetherschicht einige Male mit Wasser, unter jedesmaligem Ablassen der wässerigen Lösung und giebt schliesslich die ätherische Lösung in einen Ballon von böhmischem Glase. Bei dieser Operation muss man mit der grössten Vorsicht vermeiden, dass die am Boden des Trichters sich ansammelnden Wassertropfen nicht mit in den Ballon übergeführt werden.

Verfahren von Falières-Ritter.

In dem gut ausgetrockneten Ballon hat man ein 10 cc langes Stück weisse Stickwolle gebracht, welches dazu dienen soll, die Anilinverbindungen zu fixiren; ausserdem hat man denselben mit einem Liebig'schen Kühler verbunden, um den abdestillirten Aether aufzufangen. Die Verdampfung nimmt man im Wasserbade vor und zwar bei einer Temperatur, welche die schnelle Entweichung des Aethers bewirkt, damit sich der Farbstoff nur äusserlich auf der Wolle niederschlägt. Hat man ungefähr $^2/_3$ des Aethers abgedampft (man wendet 30—50 cc Aether für einen Versuch an) so färbt sich die Wolle rosa oder roth, je nach der Menge und der Natur des Farbstoffes. Schliesslich destillirt man bis zur Trockne.[17] —

Literatur. 1) Vgl. ausser den angeführten Werken von Griessmayer und Dietzsch: Stierlin, Ueber Weinfälschung und Weinfärbung, Bern 1877. — Nessler, Der Wein etc. 3. Aufl. Stuttgart 1878. — Roth, Die Weinbereitung und Weinchemie, Heidelberg 1877. — Neubauer, Ueber die Chemie des Weins, Wiesbaden 1870. — Nowack, Wien. Allg. med. Zeitg. 1876. 40. — Ulbricht, Kritik der bei der Weinanalyse gebräuchl. Methoden, Ann. d. Oenologie 3, 44. — 4, 1—56. — Claus,

Notizen zur Weinuntersuchung, Zeitschr. f. anal. Ch. 17, 314. — 2) Kraft, Vergleichende Alkoholbestimmungen, Zeitschr. f. anal. Ch. 12, 48. — Dahm, Ann. d. Oenologie 1879. — Dingl. Journ. 1879. Juli. — Hager, Pharm. Centralhalle 19, 161 — Zeitschr. f. anal. Ch. 17, 502. — Griessmayer, Corr.-Bl. d. Ver. anal. Chem. 2, 61. Scalweit, Hannov. Wochenschr. „Wider die Nahrungsfälscher," ref. in Zeitschr. f. anal. Ch. 19, 229. — 3) Neubauer, Zeitschr. f. anal. Ch. 15, 188. — 16, 201. — 17, 321. — vgl. Diez, N. Jahrb. f. Pharm. 23, 267. — Schubert, Verh. d. phys. med. Ges. in Würzburg 1, 184. — Zeitschr. f. anal. Ch. 4, 242. — 9, 112. — 4) Stahlschmidt, Best. d. Zuckers im Wein, Chem. Ber. 1866. 141. — Pollacci u. Pasquini, Zuckerbest. im Most, Journ. de Pharm. et de Chim. 1870. 80. — Z. f. anal. Ch. 7, 493. — 9, 275. — 5) Kayser, Pharm. Zeitschr. f. Russland, 17, 718. — Zeitschr. f. anal. Ch. 19, 102. — 6) Marty, Industriebl. 1877. 28. — Pollacci, Die Weinlaube 11, 345. — Zeitschr. f. anal. Ch. 19, 102. — Nachweis freier Schwefelsäure: Girard, C. R. 58, 515. — Storer, Proc. of the Americ. Acad. ref. in Z. f. anal. Ch. 9, 496. — Nessler, Pharm. Centralh. 1877. 329. — Zeitschr. f. anal. Ch. 17, 223. — 18, 230. — 19, 103. — 7) Romei und Sestini, Zeitschr. f. anal. Ch. 6, 178. — 8) Reichardt, Prüfung d. Weines auf Glycerin, Arch. d. Pharm. 7, 408. — Pasteur, ann. chim. phys. (3). 58, 330. — Neubauer u. Borgmann, Zur quantit. Best. d. Glycerins, Zeitschr. f. anal. Ch. 17, 442. — 9) Schwackhöfer, Säurebest. im Rothwein, Annal. d. Oenol. 2, 347. — Zeitschr. f. anal. Ch. 11, 331. — Paves. und Rotondi, Chem. Ber. 7, 59. — Zeitschr. f. anal. Ch. 13, 336, 462. — Pasteur, Études sur le vin. Best. d. Säuremenge im Most, ref. Zeitschr. f. anal. Ch. 8, 86. — 10) Kissel, Zeitschr. f. anal. Ch. 8, 416. — Weigert, Zeitschr. f. anal. Ch. 18, 207. — 11) Nessler, Zeitschr. f. anal. Ch. 18, 230. — Buchner, Dingl. Journ. 1878. 228. — Berthelot u. de Fleurieu, C. R. 57, 394. — Jokisch, Schweiz. polyt. Zeitschr. 11, 118. — Zeitschr. f. anal. Ch. 3, 216. — 6, 268. — Kissel, Z. f. anal. Ch. 8, 409. Martenson, Pharm. Zeitschr. f. Russl. 8, 23. — Zeitschr. f. anal. Ch. 8, 478. — Bernsteinsäure: Pasteur, Ann. chim. phys. (3). 58, 330. — Gerbsäure und Gallussäure: Simmler, Pogg. Ann. 65, 617. — Carpené, Dingl. Journ. 216, 452. — Gautier, Bull. soc. chim. de Paris 1877. — Griessmayer, Dingl. Journ. 225, 91. — Vgl. Z. f. anal. Ch. 1, 502. — 15, 112. — 16, 123. — 17, 222. — 12) Tuchschmid, Erkennung von Obstwein durch die Aschenbest. Chem. Ber. 3, 971. — Hager, Pharm. Centralh. 1871. — Mayer, N. Jahrb. f. Pharm. 36, 314. — Lailler, Ann. d'hyg. 48, 19. — Sonnex, Schweiz. Woch. f. Pharm. 12, 338. — Brun, ibid. 12, 331. — Vgl. Zeitschr. f. anal. Ch. 10, 231. — 11, 337. — 14, 386. — 13) Gautier, C. R. 86, 1507. — 87, 64. — La sophistication des vins. Coloration artificielle et mouillage etc. Paris 1877. — Dietrich, Arch. d. Pharm. (3). 5, 463. — Zeitschr. f. anal. Ch. 14, 99. — Nessler, Ann. d. Oenol. 1878. 148. — Dingl. Journ. 1878. 228. — Lamattina, Journ. de Brux. 62, 542. — Stein, Dingl. Journ. 224, 533. — Z. f. anal. Ch. 17, 111. — Speciellere Abhandlungen: Blume, Dingl. Journ. 170, 155. — Böttger, Journ. f. prakt. Ch. 91, 246. — Romei u. Sestini, Zeitschr. f. anal. Ch. 6, 182. — Facen, Journ. de méd. de Brux. 1868. 511. — Wittstein, Viert. f. prakt. Pharm. 18, 241. — Phipson, Chem. News 20, 229. — Lapeyrère, Polyt. Centralbl. 1870. 944. — Cottini u. Fantogini, Zeitschr. f. anal. Ch. 10, 367. — 11, 231. — Grassi, Chem. Ber. 5, 359. — Duclaux, C. R. 78, 1159. — Boyer u. Coulet, C. R. 76, 585. — Jacquemin, C. R. 79, 523. — Böttger, Zeitschr. f. anal. Chem. 15, 107. — Sulzer, Schweiz. Woch. f. Pharm. 1876. — Calmberg, Arch. d. Pharm. 211, 47. — Stein, Dingl. J. 224, 533. — Gawalovski, Pharm. Centralh. 20, 109. Radwaner, Wien. med. Presse 18, 18. — Zeitschr. d. Ver. gegen Verf. d. Leb. 1, 44.

— Vgl. Zeitschr. f. anal. Ch. 3, 229. — 9, 121. — 10, 234. — 11, 231. — 13, 243, 464. — 15, 485. — 17, 110. — 19, 104. — 14) Aus Grandeau, Handb. p. 271. — 15) Vogel, Die Entdeckung einer künstl. Färbung d. Weins auf spectralanal. Wege, Chem. Ber. 8, 1246. — Zeitschr. f. anal. Ch. 15, 479. — Scorby, Viert. f. öff. Ges. 2, 41. — Gscheidlen, Deutsche med. Woch. 2, 615. — Melassez, Absorptionsspectrum des Fuchsins, Gaz. de Paris, 1877. 2. — 16) Ueber Fuchsinnachweis: Romei, Zeitschr. f. anal. Ch. 11, 176. — Flückiger, Zeitschr. f. anal. Chem. 17, 109. — Jacquemin, Bull. soc. chim. de Paris, 26, 68. — Feltz u. Duclos, Gaz. hebdom. 14, 98. Marty, Rec.... méd. milit. 33, 309. — Bericht der franz. Commission zur Prüfung der Methoden zur Entdeckung des Fuchsins. Journ. de Pharm. et de Chim. 25, 579. — Vollständige Uebersicht und Referat der betr. Literatur s. in Zeitschr. f. anal. Ch. 18, 493 u. 19, 226. — 17) Nach Grandeau, pag. 262. —

7. Sonstige Spirituosen; Essig.

7. Untersuchung des Branntweins, des Essigs.

In Branntwein und Liqueuren bestimmt man den Alkoholgehalt am besten wie oben pag. 398. Weniger genaue Resultate geben die vielfach angewendeten approximativen Bestimmungen durch Alkoholometer,[1] durch Vaporimeter, durch das Ebullioskop,[2] durch die hallymetrische Probe[3] oder mittelst Tropfenzählens.[4] — Der Zuckergehalt kann meist polarimetrisch bestimmt werden. — Die Reaction des Branntweins soll neutral sein; häufig ist sie indess sauer von zugesetzter Schwefelsäure oder Essigsäure; im ersten Falle liefert man den Nachweis durch Eindampfen des Branntweins auf $^1/_3$ und Versetzen mit Chlorbarium; entsteht ein in Salzsäure unlöslicher Niederschlag, so ist Schwefelsäure vorhanden. Dampft man ferner 100 cc mit Soda zur Trockene und fügt concentrirte Schwefelsäure zu, so entweicht am Geruch kenntliche Essigsäure. — Verfälschungen kommen vor mit Amylalkohol,[5] mit Methylalkohol[6] etc. Ersteren erkennt man am Geruch, wenn man eine Probe des Branntweins zwischen den Händen verreibt; oder wenn man 5 cc mit 10 cc Aether und dann mit 20 cc Wasser mischt und den abgehobenen Aether im Uhrglas auf der Hand verdunsten lässt. — Setzt man ferner zum Weingeist einige Stückchen Jodkalium und schüttelt, so entsteht eine deutlich hellgelbe Farbe, wenn der Weingeist über $^1/_2$ % Fuselöl enthielt. — Anorganische Zusätze und Verunreinigungen werden nach den in den vorigen Kapiteln gegebenen Methoden ermittelt; ebenso Farben mittelst der beim Wein üblichen Reactionen. Um die häufigste Färbung mit Caramel zu constatiren, schüttelt man den Branntwein mit $^1/_6$ seines Volums Eiweiss; ächter wird entfärbt, caramelhaltiger nicht; mit einigen Tropfen concentrirter Eisenvitriollösung geschüttelt, wird ächter Branntwein schwarzgrün, caramelhaltiger nicht. Die analytische Differenzirung von Rum, Cognac, ächtem Kirschwasser etc. s. in der unten angezogenen Literatur.[7]

Prüfung des Branntweins auf Schwefelsäure, auf Essigsäure, auf Amylalkohol, auf Färbung durch Caramel.

Bestimmung der Essigsäure im Essig.

Essig. Zur Prüfung des Gehalts des Essigs an Essigsäure wird ein abgemessenes Volum desselben mit Normalnatronlösung titrirt unter Anwendung von Curcumatinctur oder Curcumapapier (die Reaction ist mit Lakmus nicht gleich gut zu erkennen). 1 cc der Normalnatronlösung entspricht = 0,06 gr Essigsäurehydrat.[8] — Oder man kann nach Fresenius und Will den Gehalt an Essigsäure dadurch ermitteln, dass man die Kohlensäure, welche durch eine gewogene Menge Essig aus doppelt-kohlensaurem Natron ausgetrieben wird, wägt (durch den Gewichtsverlust des Entwicklungsapparates) oder misst.[9] Branntweinessig enthält 3—6, Weinessig 6—8 % Essigsäure.

Nachweis von Mineralsäuren im Essig.

Häufig werden dem Essig fremde Säuren: Schwefelsäure, Salpetersäure, Salzsäure, Weinsäure, Oxalsäure beigemengt. Dieselben werden gemeinsam angezeigt durch die WITZ'sche Probe: dampft man den Essig unter Zusatz von Methylanilinviolett ein, so verändert sich die Farbe des letzteren nicht, wenn lediglich Essigsäure zugegen ist; dagegen färbt eine Beimengung von Mineralsäuren das Methylanilinviolett blaugrün bis grün.[10] — Ferner lässt sich die Mineralsäure nach HEHNER leicht quantitativ in der Asche bestimmen, nachdem man vorher Natronlauge dem Essig zugefügt hat. Man kann den Zusatz von Mineralsäuren auch schon daran erkennen, dass die Asche solcher Essige neutral reagirt, denn die eventuell im reinen Essig vorhandenen organisch-sauren Salze der Alkalien gehen beim Einäschern in Carbonate über und Asche von reinem Essig muss daher alkalisch reagiren. — Zur quantitativen Bestimmung versetzt man 50 cc Essig mit 25 cc Zehntel-Normalnatronlauge, dunstet in einer Platinschale zur Trockene und äschert den Rückstand bei niedriger Hitze ein, ohne die Asche ganz weiss zu brennen. Dann setzt man zu der Asche 25 cc Zehntel-Normalschwefelsäure, die den 25 cc Natronlauge entsprachen, erwärmt bis zur vollständigen Austreibung der CO_2, filtrirt, fügt Lakmus zu und titrirt die überschüssige Säure mit Zehntel-Normalnatronlauge; 100 cc der letzteren zeigen 0,49 gr Schwefelsäure an[11]. — Um speciell Schwefelsäure nachzuweisen, hängt man nach NESSLER 30—40 cm lange Filtrirpapierstreifen senkrecht so auf, dass das untere Ende in die zu untersuchende Flüssigkeit taucht. Letztere steigt nun in dem Papierstreifen in die Höhe. Da freie Schwefelsäure nicht austrocknet, so concentrirt sie sich an der oberen Grenze, bis zu welcher die Flüssigkeit aufsteigt. Nach 24 Stunden wird der Papierstreifen getrocknet und bis 100° im Wasserbad erwärmt. Bei Gegenwart von freier Schwefelsäure wird das Papier an jener Grenze braun bis schwarz und oft brüchig[12] — Oder nach BOETTGER löst man etwas Chlorcalcium in 2 cc Wasser in der Wärme auf und giesst hiervon einige Tropfen in den kochenden Essig; entsteht nach dem Erkalten eine Trübung oder ein Niederschlag von Gyps, so ist Schwefelsäure nachgewiesen. — Die übrigen Säuren sind leicht an ihren charakteristischen Salzen zu erkennen. —

Nachweis der Schwefelsäure.

Unterscheidung der Essigsorten.

Die Unterscheidung der einzelnen Essigsorten erfolgt dadurch, dass der Weinessig noch etwas Weinstein enthält, der durch Eindampfen des Essigs und Versetzen mit Alkohol zur Abscheidung gebracht wird. Bleiessig soll in Weinessig einen weissen Niederschlag erzeugen, in Obstessig dagegen einen gelbgrünen. Im Bieressig sind noch Spuren von Kohlehydraten enthalten; beim Versetzen mit Alkohol entsteht eine Fällung und diese reducirt beim Kochen alkalische Kupferlösung. Holzessig erkennt man, wenn man den Essig destillirt und das Destillat mit einer wässrigen Lösung von übermangansaurem Kali schwach roth färbt; bei Holzessig verschwindet diese Farbe bald wieder, während sie bei anderem Essig Tage lang bestehen bleibt[13]. —

Häufig nimmt der Essig aus den Gefässen Metalle auf; Zusatz verdünnter Schwefelsäure fällt vorhandenes Blei; Eisen oder Kupfer werden durch Versetzen des eingedampften Essigs mit Schwefelwasserstoff erkannt; ferner erzeugt ein Zusatz von Ferrocyankalium zum verdampften Essig eine Blaufärbung, wenn Eisen vorhanden ist, einen rothbraunen Niederschlag bei Kupfer, einen weissen Niederschlag bei Gegenwart von Zink. —

Literatur. 1) Bericht der französ. Com. zur Vergleichung der Alkoholometer, C. R. 53. 615. — RECKNAGEL, Sitzungsber. d. Bayr. Ak. d. Wiss. 1866. 2. 327. — REYNOLDT, Pharm. Journ. and Transact. (2) 9. 171. Vgl. Z. f. analyt. Ch. 1. 115. —

1. 56. — 4. 1. — 5. 185. — 9. 437. — 17. 471. — 19. 183. — Vgl. ferner über Bestimmung des Zucker- und Alkoholgehaltes in Liqueuren: Pohl, Dingl. Journ. 183. 153. — Vogel, N. Repert. d. Pharm. 16. 193. — Z. f. anal. Ch. 6. 271. — 2) Brossard-Vidal, Bull. de la soc. d'encour. 1863. 516. — Z. f. anal. Ch. 3. 223. — 4. 389. — 3) Vogel, N. Repert. f. Pharm. 12. 396. — 4) Berquier u. Limousin, Journ. pharm. chim. (4) 8. 241. — Z. f. anal. Ch. 8. 513. — 5) Kraus, Wien. Bl. f. Staatsarzneik. 1869. 1. — Bouvier, Ber. üb. die 26. Vers. des naturhist. Ver. d. Rheinl. — Z. f. anal. Ch. 11. 343. — Böttger, Polyt. Notizbl. 1873. 1. — 6) Reynolds, Pharm. Journ. 5. 272. — Miller. ibid. 6. 534. — Tuck, Pharm. Journ. and Transact. 7. 168. — Young, ibid. 7. 276. — Z. f. anal. Ch. 4. 240. 486. — Riche u. Bardy, Chem. Ber. 8. 697. — Berthelot, Journ. pharm. chim. 21. 468. — 7) Wiederhold, Unterscheidung des Rums. Dingl. Journ. 171. 159. — Unterscheidung des Cognacs. Dingl. Journ. 171. 398. — Beckurts, Monatsbl. f. ö. Ges. 1. 178. — Erkennung von echtem Kirschbranntwein: Desaga, N. Jahrb. f. Pharm. 26. 216. — Leube, Viert. f. pract. Pharm. 18. 440. — Schaer, Schweiz. Woch. f. Pharm. 1868. 125. — Z. f. anal. Ch. 9. 119. — 8) Bronner, Dingl. Journ. 162. 290. — Jaillard, Journ. pharm. chim. 46. 419. — Merz, Journ. f. prakt. Chem. 101. 301. — Z. f. anal. Ch. 1. 252. — 4. 222. — 7. 275. — 9) Fresenius und Will, Neue Verfahrungsweisen etc. Heidelberg 1843. — Vohl, Chem. Ber. 10. 1807. — Jehn, Chem. Ber. 10. 2108. — Z. f. anal. Chem. 18. 359. — 10) Witz, Pharm. Centralh. 1875. 94. — Hilger, Arch. d. Pharm. 5. 193. — Z. f. anal. Ch. 15. 108. — 16. 117. — Strohl, J. f. anal. Ch. 13. 459. — 11) Hehner, Arch. d. Pharm. 7. 399. — Z. f. anal. Ch. 17. 236. — 12) Nessler, Pharm. Centralh. 1877. 329. — 13) Lightfoot, Chem. News, 1861. 290. — Z. f. anal. Ch. 1. 252. — Vgl. unter 6). —

8. Kaffee, Thee, Chokolade; Taback; Kochgeschirre.

8. Untersuchung des Kaffees, Thees etc.

Die Analyse des Kaffees und Thees hat als eigenthümlichen Bestandtheil das Coffeïn (Theïn) zu bestimmen.[1] Am besten geschieht dies nach Mulder's Methode. Gewogene Mengen des Thees oder gepulverten Kaffes werden mehrfach je eine Stunde lang mit Wasser ausgekocht; das Infus wird beim Kaffee colirt, beim Thee filtrirt, dann verdunstet man zur Syrupsconsistenz und dampft schliesslich mit so viel gebrannter Magnesia, dass deutlich alkalische Reaction vorhanden ist, zur Trockne. Der fein gepulverte Rückstand wird mit Aether mehrere Tage macerirt, filtrirt, noch einmal mit Aether ausgezogen und dann auf dem Filter so lange mit Aether gewaschen, bis ein auf ein Uhrglas gebrachter Tropfen keinen Rückstand von Coffeïn mehr hinterlässt. Vom Filtrat wird der Aether abgedunstet, worauf dann das Coffeïn in seidenglänzenden Nadeln zurückbleibt. — Noch leichter gelingt die Extraction mit Chloroform oder auch mit Benzol.

Bestimmung des Coffeïns.

Verfälschungen des Kaffees bestehen hauptsächlich in Färbungen der Bohnen mit Curcuma und Berlinerblau oder Indigo, mit Bleichromat oder Kupfervitriol. Indigo und Curcuma lösen sich in Chloroform; ist letzteres nur durch Indigo gefärbt, so verschwindet die Färbung auf Salpetersäurezusatz, während Curcuma in diesem Falle einen gelben Niederschlag giebt. Bleichromat sowie Berlinerblau lässt sich in Kalilauge aufnehmen; auf Zusatz von Salzsäure tritt dann entweder Niederschlag von Bleichromat oder von Berlinerblau auf. Das Kupfersalz wird durch Befeuchten mit Ferrocyankalium erkannt. —

Nachweis von Färbungen des Kaffees.

Erkennung des Cichorienkaffees.

Mikroskopische Analyse.

Am häufigsten findet ein Zusatz von Cichorienkaffee statt; ausserdem werden noch vielfache andere vegetabilische Surrogate untergeschoben. Ihr Nachweis geschieht am besten durch das Mikroskop. Für den Kaffee sind die langgestreckten, nach dem Brennen lufthaltigen und daher dunkelen Zellen aus der Schale charakteristisch (Fig. 23 auf Taf. III); in den meisten derselben lassen sich Spiralfasern erkennen; ferner sieht man die unregelmässig polyedrischen, mit Oeltropfen gefüllten Zellen, welche das eigentliche Parenchym der Bohne ausmachen. Die Cichorie zeigt dagegen die in Fig. 24 abgebildeten Gefässe und grossen durchsichtigen Zellen mit doppelten Conturen. Durch einige Präparate lassen sich die unterscheidenden Merkmale leicht scharf erkennen; und ebenso gelingt es leicht, Zusätze von Getreidekörnern, Kartoffelstärke etc. durch deren eigenthümliche mikroskopische Bilder herauszufinden. — Von sonstigen Unterscheidungsmitteln zwischen Kaffee und Cichorien seien folgende erwähnt: Reiner gemahlener Kaffee schwimmt längere Zeit auf Wasser und färbt letzteres beim Niedersinken nur schwach gelb. Cichorienpulver sinkt erheblich rascher zu Boden und färbt das Wasser dabei braun. — Am sichersten erkennt man eine Beimengung von Cichorien durch eine eingehendere chemische Untersuchung: namentlich ist festzustellen, wie viel in Wasser lösliche Substanz vorhanden ist, wie viel präformirter Zucker und wie viel Kohlenhydrate, welche erst durch Behandeln mit Schwefelsäure in Zucker übergeführt werden. — Lösliche Stoffe gewinnt man (nach Krauch) aus dem Kaffee etwa 24%, aus Cichorie 65%, aus Roggen 32%; präformirter Zucker findet sich in Kaffee etwa 0,2%, in Cichorien 23—24%, in Roggen nur Spuren; nach der Behandlung mit Schwefelsäure zeigt dagegen Kaffee 25% Zucker, Cichorie unverändert 23%, Roggen 75% Zucker. — Zur Bestimmung der in Wasser löslichen Stoffe werden nach Krauch 30 gr Substanz etwa 6 Stunden auf dem Wasserbade digerirt; dann filtrirt man durch ein gewogenes Filter und wäscht aus, bis das Filtrat 1000 cc beträgt. Durch Wägen des Rückstandes erfährt man die Gesammtmenge der löslich gewordenen Stoffe. Den im Wasser löslichen Zucker bestimmt man durch Eindampfen eines aliquoten Theils des Filtrats auf dem Wasserbade, Ausziehen des Rückstandes mit 90%igem Alkohol, abermaliges Eindampfen, Lösen des Zuckers in Wasser, entfärben mit Thierkohle und Titriren mit Fehling'scher Lösung. Um ferner die mit Schwefelsäure in Zucker überführbaren Stoffe zu bestimmen, kocht man ca. 3 gr Substanz mit 200 cc einer $2^1/_2$%igen Schwefelsäurelösung 6—7 Stunden am Rückflusskühler, neutralisirt die Säure mit kohlensaurem Blei, entfärbt mit Thierkohle, bringt auf ein gemessenes Volum und titrirt wieder einen aliquoten Theil nach Fehling. — Krauch berechnet aus den so ermittelten Zahlen annähernd auch die Menge des Zusatzes. Sind z. B. 30% in Wasser lösliche Stoffe vorhanden und ist mikroskopisch die Beimengung von Cichorie constatirt, so ist die Berechnung folgende: Bei 30% in Wasser löslichen Stoffen sind 5% mehr vorhanden, als in reinem Kaffee; andererseits hat reine Cichorie 45% mehr lösliche Stoffe als reiner Kaffe; folglich beträgt im gegebenen Falle die Menge des Cichorienzusatzes: $\frac{45}{5} = \frac{100}{x}$, also 11,1%.[2] —

Bestimmung der löslichen Substanzen, des präformirten Zuckers und der invertirbaren Kohlehydrate.

Coffeïnbestimmung im Thee.

Die Analyse des Thees erstreckt sich auf die Bestimmung der in Wasser löslichen Stoffe, die mindestens 30% betragen sollen; ferner die Aschenbestimmung, die höchstens 6,4% Asche ergeben darf. Zur Coffeïnbestimmung wird der Thee nach der beim Kaffee gegebenen Vorschrift behandelt, oder man trocknet nach Eder 10 gr Thee im Wasserbade, verreibt zu Pulver und mischt mit 3 gr entwässertem kohlensauren Natron und 3 gr Bleioxyd. Das Gemisch wird mit 10 gr Wasser angefeuchtet, an einem gelind warmen Orte ausgetrocknet, wiederum zu feinem Pulver

zerrieben, mit Chloroform extrahirt und der Chloroformauszug abgedunstet. Das gesammelte Theïn muss 0,9—1% betragen. — Wichtig für die Unterscheidung von fremden Zusätzen ist die Bestimmung des Gerbstoffgehalts, der zu mindestens 7,5% gefunden werden muss.[3] 2 gr Thee werden dreimal mit je 100 cc Wasser ½ bis 1 Stunde lang gekocht; die gesammten wässrigen, filtrirten Lösungen werden bis nahe zum Siedepunkt erhitzt, wobei sich der etwa gebildete Niederschlag von gerbsaurem Theïn wieder löst, und mit 20—30 cc einer Lösung von Kupferacetat (1 Th. auf 20—25 Th. Wasser) gefällt. Der entstehende Niederschlag von gerbsaurem Kupferoxyd wird auf einem Filter gesammelt und mit heissem Wasser gut ausgewaschen, dann getrocknet, im Porcellantiegel eingeäschert, mit Salpetersäure befeuchtet, wieder geglüht und gewogen. 1 gr Kupferoxyd entspricht 1,306 gr Tannin. — Ueber die chemische Diagnostik fremder Beimengungen zum Thee siehe bei Eder.[4] — Für eine Erkennung von Verfälschungen des Thees mit den Blättern anderer Pflanzen ist die Untersuchung des morphologischen Charakters der Blätter von Wichtigkeit. Dieselben werden befeuchtet, dann zwischen 2 Glasplatten ausgebreitet und bei durchfallendem Licht, eventuell mit ganz schwacher Vergrösserung betrachtet; bei echten Theeblättern (vgl. Fig. 25 auf Tafel III) ist der Rand gezahnt bis in die Nähe des Blattstiels, wo er eine kurze Strecke glatt verläuft. Die vom Hauptnerv aus nach der Peripherie verlaufenden Blattrippen erreichen den Blattrand nicht ganz, sondern es besteht ein deutlicher, von Blattrippen freier Saum längs der ganzen Peripherie. Am ähnlichsten sind den Theeblättern die Blätter der Weide und des Schlehenstrauchs; ausserdem finden sich Eichen-, Ulmen-, Hollunderblätter etc. als Verfälschungen. Bei einiger Uebung sind jedoch alle leicht durch ihre Grössenverhältnisse und ihre morphologische Structur zu erkennen. —

Bestimmung des Gerbstoffgehalts.

Mikroskopische Diagnose des Thees.

Chokolade. Reiner Cacao soll 45—55% Fett, mindestens 1% Theobromin und 2—5,5% Asche enthalten; reine Chokolade liefert 15—20% Fett, 2% Asche und wenigstens 0,3% Theobromin. Letzteres bestimmt man nach Wolfram[5] dadurch dass man 20—30 gr Chokolade längere Zeit mit kochendem Wasser behandelt, mit ammoniakalischem Bleiessig oder Bleizucker bis zum geringen Ueberschuss versetzt, heiss filtrirt und mit heissem Wasser so lange auswäscht, bis das angesäuerte Filtrat mit phosphorwolframsaurem Natron beim Erkalten keine Spur eines Niederschlags giebt. Das wasserhelle Filtrat wird mit Natronlauge versetzt und bis auf circa 50 cc Flüssigkeit eingedampft, mit Schwefelsäure stark angesäuert, und das gefällte schwefelsaure Blei abfiltrirt. Das Filtrat wird mit einem grossen Ueberschuss von phosphorwolframsauren Natron gefällt. Die Abscheidung des schleimigen, gelbweissen Niederschlags in Flocken wird durch gelindes Erwärmen und Umrühren beschleunigt. Nach einigen Stunden filtrirt man die erkaltete Flüssigkeit, bringt sie mit Hülfe von 6—8 procentiger Schwefelsäure aufs Filter und wäscht mit letzterer aus. Dann wird das Filter mit dem Niederschlag in einem Becherglas mit Aetzbarytlösung bis zur stark alkalischen Reaction versetzt, die Zersetzung durch Wärme erleichtert, das überschüssige Barythydrat durch Schwefelsäure neutralisirt und ein möglicher Ueberschuss derselben durch Milch von kohlensaurem Baryt gebunden. — Die Flüssigkeit, welche das Theobromin enthält, wird heiss filtrirt und der Niederschlag heiss ausgewaschen; das Filtrat wird dann in einer Platinschale eingedampft, getrocknet und gewogen; da aber neben Theobromin stets noch eine geringe Menge Barytsalze gelöst sind, wird das Alkaloid durch Glühen verjagt, der Rückstand mit kohlensaurem Ammon befeuchtet, eingedampft, erhitzt, zurückgewogen, und die Differenz der beiden Wägungen als Theobromin in Rechnung gebracht. —

Untersuchung der Chokolade.

Bestimmung des Theobromins.

Die übrigen Bestandtheile der Chokolade erfordern keine besonderen Methoden zu ihrer Analyse. Nur ist es häufig von Interesse, das Fett nicht nur quantitativ zu bestimmen, sondern auch festzustellen, ob dasselbe dem Cacaoöl entstammt, oder ob ein Zusatz fremder Fette (Stearin, Rinderfett) oder auch von Wachs, Paraffin stattgefunden hat. Man erkennt dies nach Björklund dadurch, dass man circa 3 gr des Fettes im Reagensglas mit 2 Theilen Aether übergiesst, das Glas verschliesst und die Masse durch Umschütteln bei 18° zu lösen sucht. Sobald Wachs vorhanden ist, entsteht eine trübe Flüssigkeit, welche sich beim Erwärmen nicht verändert. Bleibt die ätherische Lösung klar, so stellt man das Reagensglas in Wasser von 0° und beobachtet die Länge der Zeit, nach welcher die Flüssigkeit anfängt sich zu trüben, und ferner die Temperatur, bei der die Lösung wieder klar wird. Reine Cacaobutter wird erst nach 10—15 Minuten trübe (mit Rindstalg versetzte stets bereits vor 10 Minuten) und klärt sich bereits wieder bei 18—20°. — Nach Filsinger kann man auch 2 gr des Fetts in einem graduirten Röhrchen schmelzen, mit 6 cc einer Mischung aus 4 Theilen Aether (0,725 spec. Gew.) und 1 Theil Weingeist (0,810 spec. Gew.) schütteln und bei Seite stellen; reines Cacaoöl giebt eine klar bleibende Lösung. — Ein anderes Verfahren empfiehlt Hager: 1 gr des Oels werden im Probircylinder mit 2—3 gr Anilin unter gelindem Schütteln erwärmt, bis Lösung des Oels in dem Anilin erfolgt ist. Bei einer Zimmertemperatur von 15° stellt man 1 Stunde, bei 17—20° 1½ bis 2 Stunden bei Seite. Reines Cacaoöl schwimmt nach dieser Zeit wie ein flüssiges Oel auf dem Anilin; enthielt es Talg, Stearinsäure oder kleine Mengen Paraffin, so haben sich in der Oelschicht körnige oder schollige Partikel abgeschieden, welche bei gelindem Agitiren an der oberen leeren Wandung des Cylinders theilweise hängen bleiben; oder die Oelschicht ist erstarrt (= Wachs, Paraffin); oder es hat sich gar keine Oelschicht abgeschieden (= wenig Stearinsäure); oder die ganze Flüssigkeit ist zu einer krystallinischen Masse erstarrt (= viel Stearinsäure). Das reine Oel erstarrt erst nach vielen Stunden. — Da es sehr auf Beschaffenheit des Anilins, Temperatur und Zeitdauer des Versuchs ankommt, so erscheint ein Parallelversuch mit notorisch reinem Cacaoöl durchaus geboten.[6] — Eine Verfälschung mit Stärke ergiebt sich leicht, wenn man die gekochte Chokolade durch Papier filtrirt und das Filtrat mit Jod prüft; die natürliche Stärke des Cacao geht nicht mit durchs Filter.[7] — Sonstige, namentlich mineralische Zusätze werden in der gewöhnlichen Weise nachgewiesen. Häufig ergiebt auch die mikroskopische Untersuchung werthvolle Anhaltspunkte; zu derselben wird die Chokolade zweckmässig erst mit Aether entfettet und dann mit kaltem Wasser aufgeschlemmt. Die Cacaostärke charakterisirt sich durch die Kleinheit ihrer Elemente, da der Durchmesser der Stärkekörner nur etwa 0,02 mm beträgt.

Prüfung des Cacaoöls auf Beimengung fremder Fette. — *Prüfung auf Stärkezusatz.*

Untersuchung des Tabacks. — *Bestimmung des Nicotins.*

Im Taback findet sich als eigenthümlicher, eine besondere analytische Methode erfordernder Körper das Nicotin, welches in den unbearbeiteten Blättern 2—10 %, nach der Bearbeitung ⅓ bis ¾ der früheren Menge beträgt. Die Bestimmung erfolgt nach Liecke[8] dadurch, dass man die trockenen Blätter dreimal mit durch Schwefelsäure angesäuertem Wasser extrahirt, die Flüssigkeit bis zur Extractconsistenz eindampft, dann mit dem gleichem Volum Alkohol ausschüttelt, filtrirt und mit Alkohol nachwäscht. Das Nicotin ist dann als schwefelsaures Salz im Alkohol; man verdampft letzteren, zerlegt das schwefelsaure Nicotin durch Kalilauge in einer Glasretorte, die im Oelbad auf 260° erwärmt ist und fängt das überdestillirte Nicotin in Schwefelsäure von bekanntem Gehalt auf, die man mit Natronlösung zurücktitrirt. — Einfacher gelingt die Extraction, wenn man den feingepulverten Taback durch einige Tropfen Ammoniak alkalisch macht, um das Nicotin frei zu machen,

und dann im Extractionsapparat mit Aether erschöpft, wozu 4—6 Stunden erforderlich sind. Man dunstet Aether und Ammoniak bei niederer Temperatur, bei welcher das Nicotin fast gar nicht flüchtig ist, ab und versetzt den Rückstand mit titrirter Schwefelsäure, bis Tropfen, die man mit einem Platindraht entnommen hat, auf trockenem Lakmuspapier Beginn der saueren Reaction anzeigen. Die verbrauchte Säuremenge, mit $^{162}/_{40}$ multiplicirt, giebt die Nicotinmenge.[9] —

Ausserdem sind häufig hochgradige Beimengungen von Metallen und Metallsalzen zum Taback zu constatiren; namentlich findet man im Schnupftaback Bleioxyd und Mennige. Letztere weist man durch Extrahiren mit kochender Salpetersäure und Versetzen des Filtrats mit Schwefelsäure respective mit Ammoniak und Schwefelammonium nach; die übrigen Metalle findet man in der Asche nach dem gewöhnlichen Gange der Analyse.[10] — Eine Anleitung zu einer vollständigen Analyse des Tabacks giebt Grandeau, pag. 193. —

Untersuchung der Kochgeschirre auf Blei.

Kochgeschirre gelangen hauptsächlich wegen Verdachts auf einen die Gesundheit schädigenden Gehalt an Blei zur Untersuchung. — Für Töpferglasuren[11] ist indess das Blei unentbehrlich; es kann nur darauf ankommen, dass dasselbe in nicht zu grosser Menge angewandt und dass es innig genug mit den übrigen Bestandtheilen der Glasur verschmolzen wird. Bei irdenem Geschirr handelt es sich daher nicht um den qualitativen Nachweis von Blei, sondern darum, ob die betreffende Glasur erheblichere Mengen Blei an kochende, namentlich saure Flüssigkeiten abgiebt. Hierauf prüft man, indem man das Geschirr mit Essig und Wasser zu gleichen Theilen bis zur Hälfte füllt, Kochsalz zufügt (1 Esslöffel voll pro 1 Liter Flüssigkeit) und $^{1}/_{4}$ Stunde kocht; ergiebt nach dem Erkalten eine Prüfung mit Schwefelwasserstoff Bleigehalt der Flüssigkeit, so wiederholt man das Auskochen genau in derselben Weise mit neuen Mengen Essig und Wasser. Findet sich auch in dieser Portion ein Bleigehalt, so ist eine zu starke, möglicherweise gesundheitsschädliche Abgabe von Blei zu vermuthen. — Für das Email der eisernen Geschirre ist Blei nicht nothwendig; man reicht daher hier häufig mit einer qualitativen Prüfung aus, die man am einfachsten anstellt, indem man an eine Stelle des Emails mit Ammoniak betupft, dann durch Erwärmen von aussen eintrocknet und dies eventuell wiederholt, bis die Stelle ein mattes Aussehen bekommt; dann setzt man etwas Schwefelwasserstoffwasser zu oder legt ein Körnchen Schwefelnatrium auf. — In Zinngeschirr[12] erkennt man qualitativ das — übrigens fast stets in gewisser Menge vorhandene — Blei dadurch, dass man eine Stelle zunächst mit Salpetersäure behandelt, dann auf das gebildete Zinnoxyd einen Tropfen stark verdünnte Kalilauge bringt und nun mit verdünnter Jodkaliumlösung prüft. — Zur quantitativen Bestimmung erwärmt man das geraspelte Metall mit reiner Salpetersäure, welche nur das Blei löst. —

Soll die Gesundheitsgefährlichkeit eines Bleizusatzes erwiesen werden, so ist jedesmal die quantitative Bestimmung erforderlich und speciell der Nachweis zu führen, dass die bei der Bereitung der Speisen etc. sich lösenden Bleimengen wirklich eine Gesundheitsgefährdung bedingen können.

Literatur. 1) Weyrich, Ueber die versch. Methoden zur quantitativen Best. des Caffeïns. Dissertation. Dorpat 1872. — Claus, Viertelj. f. prakt. Pharm. 13. 414. — Schwarzenbach, Chem. Centralbl. 1861. 989. — Comaille, C. R. 81. 817. — Lieventhal, Pharm. Zeitg. f. Russl. 11. 369. — Markownikoff, Chem. Ber. 9. 1312. — Cazeneuve u. Caillol, Bull. de la soc. chim. de Paris 1877. 199. — Vgl. Zeitschr. f. anal. Ch. 1. 229. — 4. 205. — 12. 104. — 15. 474. — 16. 127. — 17. 221. —

2) Krauch, Chem. Ber. 1878. 277. — Draper, Philosoph. Magaz. 34. 104. — Z. f. anal. Ch. 13. 80. — Vgl. ferner über Caffeeanalyse: Debay, Les influences etc. Leur analyse chimique etc. Paris 1864. — Bibra, der Caffee und seine Surrogate. Abhandl. d. naturw. Techn. Commiss. in München 1858. 219. — Cauvet, Ann. d'hyg. 40. 302. — Binz, Zur Kenntniss der Kaffeebestandtheile, Arch. f. exper. Path. 9. 31. — 3) Eder, Dingl. Journ. 229. 81. — Allen, Chem. News. 29. 167. — Z. f. anal. Ch. 19. 108. — 4) Eder, Dingl. Journ. 231. 445. — 231. 526. — Hager, Pharm. Centralh. 20. 258. — Winnicki, Dingl. Journ. 217. 256. — Slatter, Sanit. Record 9. 21. — Vgl. Z. f. anal. Ch. 15. 486. — 19. 371. — 5) Wolfram, Fleck's Jahresber. 1878. — 6) Björklund, Pharm. Zeitschr. f. Russl. 1864. 401. — Filsinger, Pharm. Centralh. 19. 452. — Hager, Pharm. Centralh. 19. 451. — Vgl. Z. f. anal. Ch. 3. 233. — 19. 246. — 7) Wittstein, Pharm. Zeitschr. f. Russl. 17. 632. — Payen, Journ. Pharm. Chim. 41. 367. — Reinsch, Fürther Gewerbezeitg. 1868. 63. — Vgl. Z. f. anal. Ch. 2. 444. — 8. 514. — 19. 111. — 8) Liecke, Mitth. d. Hannov. Gewerbev. 1865. — ref. Z. f. anal. Ch. 4. 492. — 9) s. Grandeau, Handb. f. agrikulturch. Anal., Berlin 1879, p. 194. — 10) Kaiser, Bayr. Kunst- und Gewerbebl. 1859. 577. — Lintner, Pol. Notizbl. 1855. 183. — Möller, Jahrb. f. Pharm. 22. 155. — Eulenberg, Medicinalwesen, p. 91. — Gewerbehygiene p. 656. — 11) R. Weber, Ueber das Verhalten von Zinn-Bleilegirungen gegen Essig. Dingl. Journ. 1879. 2. — Gallus, Thonindustriezeitung 1877, 51. — Polyt. Notizbl. 18. 32. — Schramm, Bayr. ärztl. Intelligenzbl. 1869. 16. — 12) Pleischl, Polyt. Centralbl. 1862. 763. — Roussin, Jahrb. f. Pharm. 25. 177. — Millon u. Morin, Chem. News 1863. 196. — Fordos, Z. f. anal. Ch. 14. 389. — Pürckhauer, N. Repert. f. Pharm. 24. 724. — Z. f. anal. Ch. 15. 487. — Waldmann, Viertelj. f. ger. Med. 12. 220. —

9. Hygienische Bedeutung der Nahrungsmitteluntersuchung.

Bedeutung der speciellen Untersuchung der einzelnen Nahrungsmittel.

Die in den letzten Capiteln besprochenen Verschiedenheiten und Aenderungen der qualitativen Beschaffenheit der einzelnen Nahrungsmittel sind für die Hygiene von ungleicher Bedeutung, da in sehr vielen Fällen jeder nachweisbare Zusammenhang zwischen den analytisch ermittelten Abnormitäten der Nahrung und irgendwelchen Gesundheitsstörungen des Menschen fehlt. Am meisten berühren diejenigen parasitären Krankheiten des Fleisches und Getreides, welche auf den Menschen direct krankmachend wirken, das hygienische Interesse; dagegen haben die von Menschenhand gemachten Zusätze und Verfälschungen der Nahrung, welche so vielfach eigenartige Methoden zu ihrem Nachweis erfordern, nur in ganz vereinzelten Fällen Störungen der Gesundheit zur Folge, und sind ausserdem wesentlich nur da an der Tagesordnung, wo der Käufer durch Zahlung eines erheblich zu niedrigen Preises eine Werthverminderung der Waare provocirt hat. Der weit verbreitete Irrthum, dass die Verfolgung der Nahrungsmittelfälschung in erster Linie aus hygienischen Motiven zu erfolgen habe, beruht anscheinend auf dem Umstande, dass Chemikern nicht nur der analytische Nachweis der Ver-

Hygienische Bedeutung der Verfälschungen.

fälschungen, sondern auch das endgültige Urtheil über die Gesundheitsgefährlichkeit der abnormen Befunde vielfach zugefallen ist. Würde die letztere Entscheidung Aerzten obgelegen haben, so hätten die geringen Mengen von Glycerin, die Spuren von Mineralsalzen oder freier Schwefelsäure und Salzsäure, die hier und da entdeckt wurden, gewiss eine andere Beurtheilung erfahren; steht doch kein Arzt an, weit grössere Mengen derartiger Stoffe als Heilmittel zu verordnen oder Monatelang als Diäteticum selbst von Schwächlichen und Kranken gebrauchen zu lassen. — Ein richtiges Urtheil über die hygienische Bedeutung der Nahrungsfälschungen ist jedenfalls nur möglich, wenn einerseits die quantitativen Verhältnisse und die texicologischen Wirkungen der gefundenen Stoffe genau berücksichtigt werden, und wenn man sich ausserdem erinnert, dass viele der am häufigsten vorkommenden Fälschungen Genussmittel betreffen, welche im normalen Zustande bereits Gifte von ungleich eingreifenderer Wirkung auf den Körper enthalten. — Dass trotzdem eine strenge Verfolgung aller Verfälschungen und eine sorgfältige Controle der Lebensmittel wünschenswerth erscheinen muss, ist selbstverständlich; nur lässt sich die Zweckmässigkeit und Nothwendigkeit derselben durchgreifender und sicherer durch juristische und ästhetische Motive begründen, als durch hygienische.

Motivirung der Lebensmittelcontrole.

III. Untersuchung der Kostsätze in öffentlichen Anstalten.

3. Untersuchung der Kost in öffentlichen Anstalten.

Weit mehr als durch Differenzen der Qualität, werden durch ungenügende Menge der Nahrung oder durch ein unrichtiges Mengenverhältniss der einzelnen Nahrungsstoffe Störungen der Gesundheit und Leistungsfähigkeit veranlasst. Namentlich sind die zahlreichen Fälle von grosser hygienischer Bedeutung, wo die Auswahl der Zusammensetzung und Menge der Nahrung nicht von dem freien Ermessen des Einzelnen abhängt, sondern wo durch andere Personen die Art der Kost bestimmt wird, welche ein Individuum nähren und seinen Körperbestand erhalten soll. Dieser Fall ist repräsentirt bei der gemeinsamen Ernährung grösserer Menschenmassen, z. B. in den Gefangenanstalten, in Armen- und Versorgungshäusern, beim Militär, bei den Volksküchen etc. — Dieser Massenernährung ist daher besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden, und es ist hier zu erörtern, in welcher Weise eine Untersuchung und Beurtheilung von Kostsätzen für öffentliche Anstalten zu erfolgen hat.[1]

Gesichtspunkte für die Normirung einer Kost.

Bei der Normirung einer Kost sind im wesentlichen folgende Gesichtspunkte massgebend: 1) die Kost muss den Nahrungsbedarf des Individuums decken; dieselbe muss soviel von jedem Nahrungsbestandtheil — von Eiweiss, Fett, Kohlehydraten, Salzen, Wasser — enthalten, als nöthig ist, um den Bestand des Körpers zu erhalten, während ein gewisses Maass von Arbeit geleistet wird. 2) Die Kost muss hinreichend leicht verdaulich und mit den nöthigen Reizmitteln versehen sein, ausserdem in solcher Abwechselung gegeben werden, dass sie ohne Widerwillen genossen wird. 3) Die Nahrung muss ein Volumen haben, welches ausreicht, um das Gefühl der Sättigung hervorzurufen. 4) Die Kost wird in den meisten Fällen eine möglichst billige sein müssen; es wird daher diejenige Nahrung unter allen Umständen vorzuziehen sein, welche den sub. 1—3 gestellten Bedingungen mit dem geringsten Aufwand an Kosten genügt.

1) Vollständige Deckung des Nahrungsbedarfs.

1) Ob eine Nahrung zur Deckung des Bedarfs ausreicht oder nicht, ist anscheinend leicht zu ermitteln. Durch die umfassenden Untersuchungen Voit's und seiner Schüler ist bekannt, dass der tägliche Bedarf eines Menschen an den einzelnen Nahrungsstoffen sich folgendermassen beziffert:[2]

Zahlen für den täglichen Bedarf des Menschen.

	Eiweiss.	Fett.	Kohlehydrate.	Kohlenstoff.
	gr	gr	gr	gr
Für einen Arbeiter mittlerer Constitution bei mässiger Arbeit	118	56	500	328
Für einen kräftigen Arbeiter bei Ruhe oder mässiger Arbeit	137	72	352	283
Für einen kräftigen Arbeiter bei starker Arbeit	137	173	352	356
Für einen nicht arbeitenden Gefangenen	100	30—50	300—500	
Für Altersversorgte	70—80	30—50	300	
Für Kinder von 6—15 Jahren	80	40	250	

Schwierigkeiten der Feststellung des Bedarfs.

Einzelne dieser Zahlen sind noch nicht als genügend gesichert anzusehen. Die vorangestellte mittlere Normalzahl ist zwar so vielseitig bestätigt, dass sie allgemeinere Gültigkeit beanspruchen kann; aber in sehr vielen Fällen lassen sich die Verhältnisse der Insassen von öffentlichen Anstalten etc. nicht mit denen des im Freien lebenden, leistungsfähigen Arbeiters vergleichen, und daher sind auch jene Zahlen nicht ohne weiteres einer jeden Berechnung der Kost zu Grunde zu legen. — Der Nahrungsbedarf schwankt bekanntlich nach Alter, Geschlecht, Körpergewicht und Arbeitsleistung des Individuums; einzelne dieser Factoren sind selbst wiederum com

plicirter Natur, indem z. B. nicht das gesammte Körpergewicht, sondern wesentlich nur das Gewicht der arbeitenden Muskeln auf das Nahrungsbedürfniss influirt, und indem sogar trotz gleichen Gewichts die eine Körper- resp. Muskelmasse möglicherweise mehr Nahrungsstoffe verbrauchen kann, als eine andere, weil die letztere eine andere chemische Constitution und namentlich einen erhöhten Wassergehalt zeigt. Ferner kommt nicht allein die Arbeitsleistung der Skeletmuskeln in Frage; auch die Processe der Umsetzungen im Innern des Körpers, namentlich aber die Verhältnisse der Wärmeabgabe erfordern eine Anpassung des Nährmaterials; und nicht minder sind die verschiedenen Erregungszustände des Nervensystems, sowie die grössere oder geringere Energie der psychischen Functionen von erheblichstem Einfluss auf das Nahrungsbedürfniss des Körpers. Im jugendlichen Alter ist ausserdem ein gewisser Theil der aufgenommenen Nahrung für das Wachsthum des Körpers anzusetzen; dadurch complicirt sich die Berechnung in solcher Weise, dass namentlich für Kinder im frühesten Lebensalter sich noch kaum eine einigermassen sichere Normalzahl für den Nahrungsbedarf aufstellen lässt. — Für viele specielle Fälle werden daher die oben mitgetheilten Zahlen keine genügende Unterlage bieten, sondern man wird versuchen müssen, noch durch weitere auf die Feststellung des menschlichen Nahrungsbedarfs gerichtete Untersuchungen möglichst zur Lösung der Frage beizutragen.

Methoden zur Bestimmung des Nahrungsbedarfs.

Eine solche Untersuchung kann ihre Aufgabe auf dreierlei Weise in Angriff nehmen; entweder sind Individuen auszuwählen, welche in denselben äusseren Verhältnissen (namentlich in Bezug auf Arbeitsleistung) leben, wie diejenigen, deren Kost festgestellt werden soll, und welche bei ihrer Ernährungsweise, ohne Luxus zu treiben, längere Zeit gesund und leistungsfähig geblieben sind; die Nahrung solcher Individuen ist dann in der unten näher zu beschreibenden Weise zu untersuchen; gleichzeitig ist das Constantbleiben des Körpergewichts und wo möglich durch Untersuchung von Harn und Koth festzustellen, ob wenigstens in Bezug auf den Stickstoff ein Gleichgewicht zwischen Nahrung und Körperausgaben besteht, oder ob von dem Stickstoff der Nahrung ein Theil im Körper zurückbleibt, oder ob mehr Stickstoff ausgeschieden als eingenommen und also von der Körpersubstanz zugesetzt wird. — Es muss naturgemäss schwierig sein, derartige Versuche mit hinreichendem Ausschluss der Fehlerquellen anzustellen; dennoch bleiben dieselben für viele Fälle der einzige Ausweg und man wird auch auf solche Weise einen ziemlich hohen Grad von Sicherheit erreichen können, wenn man nur stets eine grössere Zahl von Einzelversuchen mit verschiedenen Individuen anstellt, und aus diesen eine Durchschnittsziffer ableitet. Namentlich wird es in einzelnen gut geleiteten Anstalten, ferner beim Militär etc. möglich sein, derartige Versuche an mehreren Individuen gleichzeitig durchzuführen, die Analysen immer für die Summe der Individuen durchzuführen und auf diese Weise sofort eine Durchschnittsziffer zu erhalten.

Kostuntersuchung.

Statistische Methode.

— Zweitens kann man durch die statistische Methode zu einer gewissen Kenntniss des Bedarfs an Nahrung zu kommen suchen. Sind für eine Stadt oder ein Land die Zahlen für Einfuhr, Ausfuhr und Production von Nahrung gegeben, so lässt sich danach der Verbrauch und — unter der Annahme, dass im Grossen Ganzen der Consum den Bedarf gerade deckt — gleichzeitig auch der Bedarf an Nahrung berechnen. Ebenso gelingt es vielleicht, unter Zugrundelegung des durchschnittlichen Verdienstes der Arbeiter, der sich bis zu einem gewissen Grade den Lebensmittelpreisen anpasst, Zahlen für den nothwendigen Nahrungsverbrauch der arbeitenden Bevölkerung zu gewinnen. — Diesen statistischen Beobachtungen stehen selbstverständlich sehr grosse Schwierigkeiten entgegen; und die grosse Mühe, welche eine möglichste Ausschliessung der Fehlerquellen kosten würde, steht nicht im Verhältniss zu dem Werth des schliesslichen Resultats, da nur eine all-

gemeine Durchschnittsziffer gewonnen wird, die sich auf die speciellen Verhältnisse schwer anwenden lässt. — Am sichersten würde drittens die Feststellung des Nahrungsbedarfs auf experimentellem Wege gelingen. Hierzu haben PETTENKOFER und VOIT durch ihre Versuche mit dem grossen Respirationsapparat bereits den Anfang gemacht, indem sie den Einfluss verschiedener Nahrungsmengen und -gemische auf den Organismus aufs genaueste studirten. Durch entsprechende Ausdehnung und Variation dieser Untersuchungen, bei welchen die gesammten Ausgaben des Körpers an CO_2, Wasser und Stickstoff genau gemessen und mit den ebenso scharf bestimmten Einnahmen in Bilanz gesetzt werden, muss es gelingen die verschiedenen oben bezeichneten Factoren, welche auf das Nahrungsbedürfniss von Einfluss sind, quantitativ zu bestimmen, und so demnächst eine sichere rechnerische Auflösung praktisch interessirender Verhältnisse zu ermöglichen. —

Experimentelle Methode.

Deckung des Bedarfs durch die verschiedenen Nahrungsmittel unter Berücksichtigung ihrer chemischen Zusammensetzung.

Trotz der vielen in dieser Richtung zu erledigenden Fragen ist jedoch manche der oben erwähnten Zahlen für den menschlichen Nahrungsbedarf als sicher genug anzusehen, um sie als Massstab an eine zu untersuchende Kost anzulegen. Namentlich gilt dies von der VOIT'schen Durchschnittszahl für einen mittleren Arbeiter. Es erscheint demnach leicht, von dieser ausgehend die Quantität der verschiedensten Nahrungsmittel anzugeben, durch welche der Bedarf von 118 gr Eiweiss (= 18,3 gr Stickstoff), 56 gr Fett und 500 gr Kohlehydraten gedeckt wird; und zwar muss dies möglich sein auf Grund der zahlreichen vollständigen Analysen von Nahrungsmitteln, durch welche der Stickstoff-, Fett- und Kohlehydratgehalt eines jeden genau bekannt ist. (Vgl. Tabelle XIII.)

Unzulänglichkeit der chemischen Zusammensetzung für eine Beurtheilung des Nährwerths der Nahrungsmittel.

Nun hat aber VOIT bereits seit langer Zeit darauf aufmerksam gemacht, dass die Zerlegung der Nahrungsstoffe in unserem Körper durchaus nicht in demselben Grade möglich ist, wie bei der Verbrennung oder den sonstigen im Laboratorium eingeleiteten chemischen Processen. Unter den verschiedensten Umständen kann ein grosser Theil des Stickstoffs, des Fettes den Verdauungstractus des Menschen passiren, ohne in lösliche Form überzugehen und in die Körpersäfte aufgenommen zu werden. Solche nicht resorbirte Theile der Nahrung sind dann für die Ernährung des Körpers völlig werthlos, und dürfen nicht mit in Rechnung gezogen werden, wo es sich um die Deckung des Nahrungsbedarfs handelt.

Somit berechtigt die chemische Analyse eines Nahrungsmittels durchaus nicht zu einem Urtheil über den Nährwerth desselben; sondern nur directe, am Menschen selbst angestellte Versuche über sein Verhalten im Körper und über die Ausnutzbarkeit des vorhandenen Stickstoffes, Fettes etc. können über den Grad der Verwendbarkeit im menschlichen Haushalt entscheiden.

Verschiedene Ausnutzung der Nahrungsmittel im menschlichen Darm.

Zum wesentlichsten Theile hängt die Ausnutzbarkeit eines Nahrungsmittels davon ab, ob die einzelnen Nahrungsstoffe unter dem Einfluss der mechanischen Bearbeitung durch die Darmmuskulatur und der Verdauungssäfte zugänglich und löslich werden, oder ob resistente Hüllen die Nahrungsbestandtheile einschliessen, wie dies

namentlich bei Vegetabilien häufig der Fall ist. Bei letzteren kann man beispielsweise annehmen, dass in der nicht besonders präparirten, ganzen Pflanzensubstanz meistens 25—30 % und selbst 40 % der vorhandenen Eiweissstoffe in solcher unlöslicher Form enthalten sind, dass sie der Einwirkung der menschlichen Verdauungssäfte gar nicht zugänglich werden und unverändert den Darm passiren.

Abhängigkeit der Ausnutzungsgrösse von verschiedenen Einflüssen.

Die Ausnutzbarkeit eines und desselben Nahrungsmittels ist indessen keine constante Grösse, sondern variirt unter dem Einflusse verschiedener Momente. Einige derselben liegen in den individuellen Differenzen des Menschen. Dieselbe Nahrung wird um so besser ausgenutzt werden, je energischer sie mechanisch bearbeitet und von Verdauungssäften alterirt wird und je längere Zeit sie der Einwirkung dieser Factoren ausgesetzt ist. Daher werden Menschen mit kräftiger Darmmuskulatur, mit gut wirksamen Verdauungssäften, mit längerem und wenig reizbarem, nicht zu einer schnellen Peristaltik disponirendem Darm eine vollständigere Ausnutzung der Nahrung möglich machen, als Individuen mit schwächlichem, kürzerem, reizbarerem Verdauungstractus. Andere Momente liegen in der Art und Weise, wie die Nahrung gegeben wird. In dieser Beziehung wirken eine Beimengung von grobem Zellstoff, ferner eine grosse Menge gleichzeitig vorhandenen Stärkemehls, das leicht zur Bildung von Gärungsproducten Anlass giebt, endlich die verschiedensten medicamentösen Stoffe reizend auf den Darm und veranlassen kürzeren Aufenthalt und geringere Ausnutzung der Nahrung. Endlich ist noch das Gesammtvolum der genossenen Nahrung von Einfluss, indem eine zu grosse Belastung des Darms ebenfalls die Resorptionsgrösse herabzusetzen scheint.

Untersuchung der Ausnutzungsgrösse eines Nahrungsmittels.

Wenn nun auch zahlreiche Versuche noch erforderlich sein werden, um diese verschiedenen Einflüsse quantitativ kennen zu lernen, so ist es doch immerhin möglich, eine Durchschnittszahl für die Ausnutzbarkeit eines Nahrungsmittels aufzustellen, welche für einen Menschen von mittlerer Constitution, und für eine Kost Gültigkeit hat, in der ein gewisses Maass von grobem Zellstoff und Stärkemehl nicht überschritten ist und die das durchschnittliche für den Menschen passende Volumen bietet. Die Versuche selbst sind einfach dadurch auszuführen, dass man eine bestimmte Menge des genau analysirten Nahrungsmittels verzehren lässt, dann die Kothmenge zu bestimmen sucht, welche von der genossenen Nahrungsmenge übrig geblieben ist, und in dieser die Menge der einzelnen unverdaut gebliebenen Nahrungsbestandtheile, des Stickstoffes, des Fetts etc. wieder bestimmt. Zur Controle der Stickstoffaufnahme pflegt man auch die Stickstoffmenge des 24 stündigen Harns zu registriren. — Die Ausführung solcher Versuche stösst jedoch auf nicht unerhebliche Schwierigkeiten. Namentlich ist die Abgrenzung der Fäces, die beim Hunde leicht und sicher gelingt, beim Pflanzenfresser und beim Menschen äusserst schwierig, da im Darm gewöhnlich eine Vermengung der Nahrung von verschiedenen Tagen stattfindet. Eine einigermassen scharfe Abgrenzung wird entweder dadurch erreicht, dass man die Nahrungsaufnahme möglichst nur einmal am Tage stattfinden lässt oder doch wenigstens sehr lange Pausen — eventuell einen ganzen Hungertag — zwischen der letzten Nahrung des einen und der ersten Nahrung des anderen Tages einschaltet. In den vielen Fällen, wo eine solche Vertheilung der Nahrung nicht möglich ist, muss man versuchen, den Koth jedes Versuchstages durch irgend ein deutliches Kennzeichen zu markiren. Zu diesem Zweck lässt man mit der Kost, welche Anfang oder Ende der Versuchsreihe bildet, schwer verdauliche Substanzen geniessen, die fast unverändert im Koth wieder erscheinen, so Preisselbeeren, hart gekochte Linsen. Bei manchen Versuchen scheinen reichliche Mengen Milch (mindestens $1\frac{1}{2}$ Liter auf einmal genossen) durch die weissliche bis gelbliche Farbe und die

Tabelle über die Ausnutzung verschiedener Nahrungsmittel.

		Gewicht der Nahrung frisch.	Darin Trocken-substanz.	Stickstoff.	Fett.
Fleisch		884	367	48,8	20,9
Fleisch		738	307	39,8	23,9
Eier (hart gesotten)		948	248	20,7	103,3
Milch		2438	315	15,4	95,1
Milch		2050	265	12,9	79,7
Milch		3075	398	19,4	119,9
Milch		4100	530	25,8	160,0
Milch und Käse	Milch	2291	296	24,1	138,6
	Käse	200	124		
Milch und Käse	Milch	2050	265	23,5	133,6
	Käse	218	135		
Milch und Käse	Milch	2209	286	38,9	213,5
	Käse	517	320		
Weissbrod		500	439	7,59	—
Weissbrod		860	753	13,04	—
Schwarzbrod		1360	765	13,30	—
Maccaroni		695	627	10,88	72,2
Maccaroni mit Kleber		695	664	22,6	73,4
Reis		638	552	10,40	74,1
Mais (+ Fleischextract)		750	642	14,69	48,61
Kartoffel		3077	820	11,45	143,8
Wirsing		3831	406	13,2	87,8
Gelbe Rüben		2566	352	6,47	47,3
Leguminose		—	875	36,9	—
Linsen ungemahlen		—	224	8,7	—
Horsford-Liebig-Brod		—	437	8,66	—
Münchner Roggenbrod		—	439	10,47	—
Weisses Weizenbrod		—	440	8,83	—
Pumpernickel		—	423	9,38	—
Speck, 96 gr, + Fleisch und Brod		1159	535	23,6	99,0
Speck, 191 gr, + Fleisch u. Brod		1242	596	23,53	194,7
Butter, 240 gr, + Fleisch u. Brod		1290	706	22,98	214,0
Butter 233 gr + Speck 146 gr + Fleisch und Brod		1428	763	23,37	350,5

Kohlehydrate.	Asche.	Es wurden ausgenutzt von der Trockensubstanz.	vom Stickstoff.	vom Fett.	von den Kohlehydraten.	von der Asche.
—	18,6	95,3 %	97,3 %	83,0 %	—	85,0 %
—	15,2	94,4 „	97,5 „	78,9 „	—	78,8 „
—	10,4	94,8 „	97,4 „	95,6 „	—	89,1 „
—	17,8	92,2 „	93,5 „	96,7 „	—	51,2 „
—	15,0	94,6 „	93,0 „	92,9 „	—	53,2 „
—	22,4	89,8 „	92,3 „	94,9 „	—	51,8 „
—	29,9	90,6 „	88,0 „	95,4 „	—	55,5 „
—	27,5	94,0 „	96,3 „	97,3 „	—	73,9 „
—	26,7	93,2 „	97,1 „	92,3 „	—	69,3 „
—	44,1	88,7 „	95,1 „	88,5 „	—	44,3 „
391,1	9,9	94,8 „	74,3 „	—	98,6 %	—
670,1	17,17	96,3 „	81,3 „	—	99,2 „	—
659,3	10,73	85,0 „	68,0 „	—	89,1 „	64,0 „
462,4	21,8	95,7 „	82,9 „	94,3 „	98,8 „	79,1 „
418,0	32,0	94,3 „	88,8 „	93,0 „	97,7 „	77,8 „
492,9	23,8	95,9 „	74,9 „	92,9 „	99,1 „	85,0 „
—	26,76	93,3 „	80,8 „	82,5 „	96,8 „	70,0 „
718,1	64,0	90,6 „	67,8 „	96,3 „	92,4 „	84,2 „
247,4	73,3	85,1 „	81,5 „	93,9 „	84,6 „	—
281,9	41,2	79,3 „	61,0 „	93,6 „	81,8 „	—
—	—	—	91,8 „	—	—	—
—	—	—	59,8 „	—	—	—
—	24,68	88,5 „	67,6 „	—	—	61,9 „
—	18,05	89,9 „	77,8 „	—	—	69,5 „
—	10,02	94,4 „	80,1 „	—	—	69,8 „
—	8,16	80,7 „	57,7 „	—	—	3,4 „
—	23,5	91,5 „	87,9 „	82,6 „	99,4 „	71,5 „
—	22,5	90,8 „	86,0 „	92,2 „	93,8 „	74,9 „
—	25,5	93,3 „	88,7 „	97,3 „	93,8 „	80,0 „
—	27,4	89,5 „	90,8 „	87,3 „	93,2 „	82,3 „

eigenthümliche Consistenz des daraus resultirenden Kothes ein brauchbares Mittel zur Abgrenzung einzelner Ernährungsperioden zu liefern.[3]

Resultate der bisherigen Ausnutzungsversuche.

Die wichtigsten Differenzen betreffen die Ausnutzbarkeit des Stickstoffs oder der Eiweissstoffe; während Fett und Kohlehydrate nur dann schlechter ausgenutzt werden, wenn sie in grösseren, die Norm überschreitenden Mengen gegeben werden, sind die Eiweissstoffe in manchen Nahrungsmitteln in jedem Falle nur theilweise verdaulich, einerlei in welcher Menge sie genossen werden. — Für alle Kostberechnungen haben daher die Zahlen für das verdauliche Eiweiss eine sehr grosse Bedeutung; und die Tabellen über die chemische Zusammensetzung der Nahrungsmittel können erst dann der Untersuchung und Begutachtung von Kostsätzen zu Grunde gelegt werden, wenn sie die Menge der verdaulichen im Darm des Menschen ausnutzbaren Nahrungsstoffe, und insbesondere der Eiweissstoffe, angeben. Die umstehende Tabelle enthält die aus den bisherigen, namentlich von Rubner angestellten Versuchen über die Ausnutzung der Nahrungsmittel gewonnenen Resultate.[4]

Nothwendigkeit bei der Feststellung des Bedarfs und der Zusammensetzung der Nahrungsmittel die Zahlen für das verdauliche Eiweiss zu Grunde zu legen.

In gleicher Weise ist nun auch die oben aufgestellte Bedarfszahl nicht ohne Weiteres zu benutzen. Dieselbe besagt, dass einem Arbeiter mittlerer Constitution eine Nahrung zukommt, die 118 gr Eiweiss enthält. Dieses Eiweiss kann aber je nach dem gereichten Nahrungsmittel zu einem grösseren oder geringeren Theile verdaulich sein; und es wird daher richtiger sein, in die Bedarfszahl die Summe an verdaulichem Eiweiss aufzunehmen, welche den Körper des mittleren Arbeiters auf seinem Bestande zu erhalten vermag. Die 118 gr beziehen sich auf eine gemischte Kost, bei welcher 13 gr Eiweiss = 2 gr Stickstoff im Koth ausgeschieden werden. Betrachtet man letzteren als lediglich aus nicht resorbirter Nahrung herstammend (was strenggenommen nicht ohne weiteres zulässig ist, da noch Ausscheidungsproducte des Körpers, wie Galle etc. zum N-Gehalt des Koths mit beitragen), so bleiben 16,3 gr Stickstoff = 105 gr Eiweiss, welche pro Tag resorbirt werden und in die Körpersäfte übertreten müssen. Die Zahlen für Fett und Kohlehydrate sind in der Bedarfszahl bereits so verstanden, dass dieselben nicht nur in den Darm eingeführt, sondern auch zur Aufnahme und im Körper zur Function gelangen müssen. Die Bedarfszahl beträgt demnach:

105 gr verdauliches Eiweiss, 56 gr Fett und 500 gr Kohlehydrate für einen Arbeiter mittlerer Constitution bei mittlerer Arbeit. Für leichte Arbeit, wie sie z. B. in der Regel in Gefängnissen üblich ist, reducirt sich die Bedarfszahl auf etwa 85 gr verdauliches Eiweiss, 40—50 gr Fett und 400—500 gr Kohlehydrate. — Nach diesen Zahlen lässt sich demnach feststellen, ob eine Kost die erste Bedingung, den Nahrungsbedarf zu decken, erfüllt.

2) In Bezug auf das durchschnittliche Volumen der Nahrung, welches nöthig ist, um das Gefühl der Sättigung zu erzeugen, lässt sich keine allgemeiner gültige Durchschnittsziffer aufstellen, da körperliche Anlage, namentlich aber die Gewöhnung in dieser Beziehung grosse Differenzen bedingen. Jedenfalls darf man Individuen, die an eine schlecht ausnutzbare Nahrung, wie sie die meisten Vegetabilien repräsentiren, gewöhnt sind, nicht plötzlich auf eine concentrirte, ihrer ganzen Menge nach ausnutzungsfähige Kost setzen, und umgekehrt. Für die arbeitende Bevölkerung, die nur wenig animalische Nahrung geniesst, kann man im Durchschnitt ein Volum von etwa 700 gr Trockensubstanz annehmen, das im frischen Zustande — Getränke ausgenommen — 2000—3000 gr ausmacht. Dies Volum setzt sich zusammen aus etwa 500 gr Brot mit 300 gr Trockensubstanz; aus der Mittagsmahlzeit, deren Gewicht in vielbesuchten Volksküchen und Restaurants etwa 1000 gr frisch mit 200 gr Trockensubstanz beträgt; und aus den kleineren Mahlzeiten, die wiederum etwa 200 gr Trockensubstanz in einem, je nach der Zubereitungsweise verschiedenen, Gewicht von 500—1500 gr der frischen Substanz enthalten sind. —

2) Nothwendiges Volumen der Nahrung.

3) Was die Art und Weise, in der die Nahrung zu geben ist, betrifft, so darf die Kost nicht zu schwer verdaulich sein, d. h. nicht Substanzen enthalten, welche zu lange im Magen resp. Darm verbleiben und dort abnorme Zersetzungen erfahren. Ferner muss die Nahrung Reizmittel enthalten, welche die Kost schmackhaft machen und den Appetit anregen. Weiter muss eine gewisse Abwechslung der Speisen und auch der Geschmacksmittel stattfinden, da ein- und dasselbe Reizmittel nach einer gewissen Zeit der Gewöhnung nicht mehr als solches empfunden wird. Namentlich ist auch eine stets gleichmässige Consistenz der Speisen — z. B. die Suppenform, in der in einigen Strafanstalten Morgen-, Mittag- und Abendkost gereicht wird — möglichst zu vermeiden. Endlich ist eine richtige Vertheilung der Nahrungsaufnahme auf die verschiedenen Tageszeiten anzustreben; und zwar kann man annehmen, dass in der normalen Arbeiterkost zur Mittagszeit etwa 50% der im ganzen Tage verzehrten Eiweissmenge und 60% der 24 stündigen Fettration aufgenommen werden. — In Bezug auf die Art und Weise der Zubereitung und Verabreichung der Kost ist es übrigens sehr schwer, bestimmte allgemein gültige Normen aufzustellen; Sitte, Gewohnheit, Individualität und äussere Verhältnisse werden hier häufig modificirend einwirken; trotzdem ist eine möglichste Berücksichtigung der angeführten Momente von grosser Bedeutung.

3) Erforderliche Reizmittel der Kost.

4) Die Preisfrage ist in den meisten Fällen, wo es sich um Massenernährung handelt, ausschlaggebend und beherrscht die Kostregulative

4) Berücksichtigung des Preises der Nahrungsmittel.

weit mehr als die bisher entwickelten Gesichtspunkte. Um so wichtiger ist es, das richtige Werthverhältniss der einzelnen Nahrungsmittel zu einander kennen zu lernen.[5] —

Verhältniss zwischen Nährwerth und Preis der Nahrungsmittel.

Ehe man so wie jetzt die Zusammensetzung der Nahrungsmittel kannte und berücksichtigte, war lediglich die Quantität, die man für einen bestimmten Preis erhielt, dafür massgebend, ob ein Nahrungsmittel als billig oder theuer bezeichnet wurde. — Später lernte man, dass in der gekauften Quantität eines Nahrungsmittels oft nur Wasser oder der für den Körper fast nutzlose Zellstoff in grösserer Menge enthalten ist; dass aber eigentlich nur die nahrhaften, in den Körper übergehenden Stoffe massgebend für den Preis sein dürften. — Ferner hat die chemische Analyse in allen vegetabilischen Nahrungsmitteln eine sehr grosse Menge von Kohlehydraten nachgewiesen, gegen welche das Eiweiss sehr zurücktritt; sobald man nun den Eiweissbedarf des Körpers zu einem gewissen Theile durch Vegetabilien deckt, so bekommt man stets die genügende Menge von Kohlehydraten mit in Kauf. Diese haben demnach keinen eigentlichen Werth; sie bilden in den meisten Fällen und bei rationeller Eintheilung eine unvermeidliche Gratiszugabe; wollen wir Stärkemehl allein kaufen, so ist es eben nur die Isolirung von den anhängenden Eiweissstoffen etc. und die Reindarstellung, die bezahlt wird. — Danach muss der wahre Werth eines Nahrungsmittels wesentlich geschätzt werden nach dem Gehalt an Eiweiss und Fett; und für eine Vergleichung zwischen animalischen und vegetabilischen Nahrungsmitteln, welche letztere kein Fett enthalten, ist die Eiweissmenge sogar das einzig massgebende.

Die Menge von verdaulichem Eiweiss als Grundlage der Werthschätzung der Nahrungsmittel.

Nun ist es aber ferner selbstverständlich, dass wiederum nur dasjenige Eiweiss uns ein Nahrungsmittel werthvoll machen kann, welches verdaut und resorbirt wird; der Antheil Eiweiss, der stets ohne in den Körper überzugehen und dort Dienste zu leisten, im Koth ausgeschieden wird, dürfte den Preis eines Nahrungsmittels nicht beeinflussen. — Sonach würde dasjenige Nahrungsmittel bei einer vergleichenden Zusammenstellung sich als das billigste charakterisiren, welches für ein und denselben Preis die grösste Menge von verdaulichem Eiweiss liefert.

Für die Bestimmung des Marktpreises hat eine solche Vergleichung natürlich wenig Werth. Im freien Verkehr wird die Nachfrage nach einem Nahrungsmittel wesentlich mit bedingt durch Eigenthümlichkeiten des Geschmacks, des Aussehens, der Consistenz etc.; ferner z. B. durch die mehr oder minder grosse Belästigung, die die Magenverdauung durch ein Nahrungsmittel erfährt. Je nachdem die Production dieser Nachfrage entsprechen kann, wird sich der Marktpreis eines Nahrungsmittels hoch oder niedrig stellen. — Der Nachweis, dass man bei dem Einkauf gewisser Stoffe mehr Eiweiss bekommt als bei anderen, wird auf das

Publicum stets von geringem Einfluss sein; es wird nach wie vor in erster Linie das theuer bezahlen, was ihm besonders geschätzte Geschmacksreize u. dergl. verschafft.

Dagegen ist eine Vergleichung des Nährwerths und des Geldwerths der Nahrungsmittel von der grössten Bedeutung für Massenernährung, in denen auf eine Befriedigung der Geschmacksgelüste weit weniger Rücksicht genommen zu werden braucht, als auf eine zureichende, den Körperbestand erhaltende, und dabei möglichst billige Kost.

Vergleichung der Menge von verdaulichem Eiweiss in den einzelnen Nahrungsmitteln mit ihren en-gros-Preisen.

Es hat daher auch weniger Bedeutung, die Marktpreise der Nahrungsmittel mit ihrem Nährwerth zu vergleichen; sondern die en gros-Preise, welche stets bei der Massenernährung, beim Militär, in allen öffentlichen Anstalten etc. gezahlt werden, und die ganz erheblich von den Detailpreisen abweichen, müssen diesen Berechnungen zu Grunde gelegt werden. Diese Preise werden sich natürlich sowohl nach den Jahrgängen wie nach Gegenden und Städten verschieden stellen, und es ist daher kein allgemein gültiges Schema aufzustellen; im Grossen Ganzen werden sich jedoch die Preise ähnlich verhalten, wie in der unten mitgetheilten Tabelle, welcher hauptsächlich die zur Zeit in Norddeutschland seitens der Truppentheile der deutschen Armee gezahlten Preise zu Grunde liegen. Die Zahlen für das verdauliche Eiweiss der Nahrungsmittel sind der pag. 424 mitgetheilten Tabelle entnommen; es ist jedoch zu berücksichtigen, dass dort die Ausnutzung der Vegetabilien eher zu gross als zu gering angenommen ist, weil meistens bei der Massenernährung eine so vorherrschende und andauernde Beköstigung mit Vegetabilien stattfindet, dass die Ausnutzungsgrösse für Eiweiss sich im Durchschnitt nur auf 53—56 $^0/_0$ stellt. Ferner ist zu beachten, dass der Preis der Fleischnahrung sehr hoch gegriffen ist, da dieselbe nur durch reines Ochsenfleisch repräsentirt wird. Die vielen weit billigeren Fleischsorten, namentlich aber gewisse Formen der Zubereitung, wie Würste, ferner in der Nähe von Küsten oder Flüssen die verschiedensten Fische liefern die gleiche Nährstoffmenge für weit billigeren Preis.

Resultate der Berechnung.

Danach stellt sich heraus, dass die Zuführung der Bedarfmenge an Eiweiss am billigsten gelingt mit Käse; demnächst mit Hülsenfrüchten, dann mit abgerahmter Milch; dann folgen Kartoffeln, Mehl, Brot; Ochsenfleisch tritt aber noch vor Weissbrot, Nudeln, Reis und Gemüse, und unter Berücksichtigung der oben erwähnten billigeren Fleischspeisen übertrifft die Fleischkost sämmtliche Vegetabilien mit Ausnahme der Hülsenfrüchte an Billigkeit. Vom finanziellen Standpunkt aus kann es daher nur rationell sein, wenn man die Kostsätze nicht ausschliesslich aus Vegetabilien zusammensetzt.

Tabelle über den Preis des verdaulichen Eiweisses verschiedener Nahrungsmittel.

Nahrungsmittel.	Eiweiss in 1000 gr feuchter Substanz. gr	Von 1000 gr Eiweiss sind verdaulich: gr	In 1000 gr feuchter Subtanz ist verdauliches Eiweiss. gr	1000 gr feuchte Substanz kosten Pfennige:	Für 100 Pfennige erhält man: gr	Nahrung	und darin gr verdauliches Eiweiss.
Rindfleisch	219	970	212	100	1000	Ochsenfleisch	212
Eier	141	970	137	100	1000	Eier	137
Milch . . .	41	930	38	10	10000	Milch	380
Magerer Käse	430	960	413	62	1613	Käse.	666
Erbsen . . .	225	600	135	22	4545	Erbsen . . .	614
Bohnen . .	245	600	147	26	3847	Bohnen . . .	565
Mehl	110	800	88	36	2778	Mehl.	244
Roggenbrod	83	680	56	22	4545	Roggenbrod .	255
Weissbrod .	96	780	75	36(?)	2778	Weissbrod . .	208
Reis	75	750	56	36	2778	Reis	155
Nudeln . .	110	830	91	56	20000	Kartoffeln . .	280
Graupen . .	100	800	80	30	20000	Rüben. . . .	180
Kartoffeln .	20	680	14	5	1786	Nudeln . . .	162
Rüben . . .	15	600	9	5(?)	3333	Graupen. . .	267

Relative Werthlosigkeit der Kohlehydrate.

Die Zugabe von Kohlehydraten, welche mit dem Einkauf und der Verwendung der Vegetabilien verbunden ist, bietet nur einen scheinbaren Vortheil, wie aus folgender Berechnung erhellt: der Bedarf an Kohlehydraten beträgt nach Voit = 500 gr; das Verhältniss der gesammten Eiweissstoffe zu den Kohlehydraten ist bei der Kartoffel etwa wie 1 : 11, beim Brod wie 1 : 8, bei den Hülsenfrüchten wie 1 : 2; im Mittel (namentlich da Hülsenfrüchte gewöhnlich mit Kartoffeln gemischt zu werden pflegen) bieten die Vegetabilien im besten Falle auf 500 gr Kohlehydrate etwa 70 bis 80 gr Eiweiss. Rechnet man nun ferner, dass diese 70—80 gr vegetabilisches Eiweiss zu 70—80 % ausnutzbar sind, so würden immer erst 55 gr verdauliches Eiweiss in derjenigen Menge von Vegetabilien vorhanden sein, welche die nöthigen 500 gr Kohlehydrate liefert. Da aber der ganze Bedarf an verdaulichem Eiweiss 105 gr beträgt, so erfordern noch etwa 50 g eine Deckung durch andere Nahrungsmittel; und bei der Concurrenz um die billigste Deckung dieses Restes würde ein etwaiger Gehalt an Kohlehydraten gar nicht mehr ins Gewicht fallen, im Gegentheil, derselbe würde nachtheilig wirken, da grössere Massen von Stärkemehl durch Gährungsproducte eine Reizung des Darms und eine schlechtere Ausnutzung der übrigen Nahrung veranlassen.

Am besten und billigsten würde daher dieser Rest von 50 gr Eiweiss durch Käse, Milch, Fleisch zu decken sein.

Wollte man hierzu wiederum Vegetabilien nehmen, so würde man geradezu Luxus treiben. Die einzige Ausnahme machen nur die Hülsenfrüchte, die nächst dem Käse als das billigste Nahrungsmittel gelten müssen. Doch sind dieselben nur

in beschränktem Grade zu benutzen, weil sie in vielen Fällen den Magen belästigen und zu Verdauungsstörungen Anlass geben.

Billigste Compositionen einer ausreichenden Nahrung.

Ganz irrationell erscheinen vom finanziellen Standpunkt aus Vegetabilien, wie Nudeln, Reis und dergl. — Sie sind weit theuerer als Fleisch und würden daher von dem Etat der öffentlichen Anstalten um so eher abzusetzen sein, als sie meistens gar nicht mit besonderer Vorliebe genossen werden.

Nächst den Hülsenfrüchten giebt unter den Vegetabilien die Kartoffel für den billigsten Preis die grösste Menge verdauliches Eiweiss, (wobei allerdings immer zu bedenken ist, dass der Eiweissgehalt stets nur aus dem Stickstoffgehalt berechnet ist, vgl. pag. 396). Sie ist daher für eine billige Ernährung von grosser Bedeutung; und ihre Vorzüge vor anderen Vegetabilien werden noch erhöht durch ihr grosses Volum, mit dem leicht volle Sättigung erzielt wird, durch ihre grosse Beliebtheit und durch die Mannigfaltigkeit ihrer Zubereitungsweisen. — Doch ist selbstverständlich die Verwendung der Kartoffel nur dann zu empfehlen, wenn für ausreichende Eiweisszufuhr, namentlich durch animalische Kost bereits Sorge getragen ist. Die Kartoffel verlangt sogar, falls durch sie allein die Kohlehydrate beschafft werden, eine etwas grössere animalische Eiweisszufuhr, als Mehl und Brod u. dgl. weil sie Eiweiss und Kohlehydrate im Verhältniss von 1 : 11 enthält und somit die nöthigen 500 gr Kohlehydrate keine so starke Eiweisszufuhr mit sich bringen würden, wie jene anderen Vegetabilien. Der grössere Theil der Kohlehydrate wird aber auch fast immer durch Brod gedeckt; den fehlenden Rest ersetzt aber die Kartoffel billiger und ebenso vollkommen wie jedes andere Gemüse.

Untersuchung einer Kost nach den gegebenen Gesichtspunkten.

Nach diesen Gesichtspunkten ist entweder ein Kostregulativ neu zu berechnen, oder aber eine bestehende Kost daraufhin zu untersuchen, ob sie den an sie zu stellenden Anforderungen genügt.

Unzulänglichkeit einer Berechnung des Kostsatzes und Nothwendigkeit einer directen Untersuchung.

Im letzteren Falle könnte man daran denken, die Untersuchung in der Weise auszuführen, dass man aus den Menage-Büchern, in welchen der Verbrauch an Lebensmitteln gewöhnlich mit grosser Sorgfalt notirt wird, die Menge der gereichten Nahrung und aus der gleichfalls bekannten Zahl der Consumenten das Kostmaass berechnet. Ein solches Verfahren führt jedoch nur zu ganz approximativen Resultaten, da erstens der Betrag der Abfälle unbekannt ist, die gar nicht für die Speisen zur Verwendung kommen, und da zweitens in den meisten Fällen zu geringe Garantie gegeben ist, dass die gesammte, nach einem Durchschnittssatze für die Abfälle herausgerechnete essbare Masse auch vollständig und gleichmässig unter die Consumenten vertheilt wurde. — Vielmehr ist es unbedingt vorzuziehen, die Begutachtung einer Kost durch directe Untersuchung der genossenen Speisen vorzunehmen. Hierbei verfährt man nach Voit folgendermassen: Entweder untersucht man je eine Portion der den Bewohnern eines Hauses gegebenen Speisen, oder man ermittelt, wie viel von einzelnen Nahrungsstoffen und Nahrungsmitteln zur Bereitung der Kost genommen wird und berechnet dann aus der bekannten Anzahl der dieselbe geniessenden Personen oder auch aus dem Gewichte einer Portion den jedem Einzelnen zukommenden Antheil. Zweck-

Voit's Methoden.

mässig ist es beide Wege zu combiniren, manchmal ist allerdings nur der erste Weg möglich.

a) Untersuchung einzelner Portionen der fertigen Speisen.

I. Man nimmt eine der gegessenen Portion möglichst gleiche Portion jeder Speise in Untersuchung. Es kann dies Verfahren selbstverständlich nur dann Anwendung finden, wenn einfache Speisen vorliegen, bei deren Zubereitung nur ein einziges Nahrungsmittel, höchstens noch mit einem Zusatze von Fett, verwendet worden ist. Dies ist nun auch in gewissen Anstalten mit einzelnen Speisen der Fall; das Fleisch wird meist ohne jeglichen Zusatz gekocht und häufig bestehen auch die Suppen und die Gemüse nur aus einem einzigen Nahrungsmittel, welchem nur noch das leicht bestimmbare Fett oder das seiner geringen Menge wegen bei der Berechnung nicht in Betracht kommende Gewürz beigemischt worden ist.

Abmessung der Portion;

Um eine der gegessenen gleiche Portion zu erhalten, verfährt man in verschiedener Weise. Hat sich bei einer gemeinsamen Mahlzeit und bei freier Wahl der Speisen der zu Untersuchende seinen Theil gewählt, so wird aus derselben Schüssel ein möglichst gleicher Theil zur Untersuchung herausgenommen, oder noch besser beide Theile auf der Wage abgeglichen; im Gasthause bestellt man sich das nämliche Essen, das die Versuchsperson geniesst und bringt es in das Laboratorium; in öffentlichen Anstalten, in denen für alle Bewohner gleichmässig gekocht wird, nimmt man aus den in der Küche stehenden vielen Portionen, welche von dem in diesem Geschäfte gewöhnlich ausserordentlich geübten Vertheiler auf die Teller gelegt worden sind, eine oder mehrere weg.

Man muss natürlich die Kost des ganzen Tages in dieser Weise controliren und zur Erhaltung einer richtigen Mittelzahl die Untersuchung längere Zeit, mindestens eine Woche hindurch fortsetzen, in öffentlichen Anstalten so lange, bis alle darin vorkommenden Kostarten, welche gewöhnlich für jeden Tag der Woche festgesetzt sind, durchprobirt worden sind. Es ist auch, um die Schwankungen kennen zu lernen, rathsam, von der gleichen Kost mehrmalige Proben an verschiedenen Tagen zu nehmen.

Man hat sich dabei sehr vor Täuschungen zu hüten und muss deshalb alle Geschäfte, auch die langweiligsten, selbst besorgen und nicht Anderen, die nicht wissen, worauf man zu achten hat, überlassen.

Analyse derselben.

Die einzelnen Speisen werden zuerst abgewogen, Flüssigkeiten wie Milch oder Bier auch abgemessen. Es gilt nun die nähere Zusammensetzung dieser einfachen Speisen zu erfahren. Die ganze Portion der Suppen, Gemüsse etc. wird in einem grossen Wasserbade bei 100° völlig getrocknet, wodurch man die Menge des zur Speise verwendeten trockenen Nahrungsmittels erfährt, also z. B. bei Reissuppe die Quantität des Reises, bei Kartoffelgemüse die der Kartoffeln; ist Fett beim Kochen zugesetzt worden, so erschöpft man zur Bestimmung desselben nach bekannten Regeln einen kleinen Theil der getrockneten und fein gepulverten Masse mit Aether. Schnittchen von Brod in den Suppen nimmt man heraus und behandelt sie gesondert, oder man lässt sie, wenn man sich in der

Küche befindet, besser gar nicht einlegen und untersucht sie gleich für sich. Von der Fleischportion trennt man zuerst die Knochen, Sehnen, Knorpel und das Fettgewebe ab; Knochen, Knorpel und Sehnen werden gewogen und entfernt, das Fettgewebe und das rückständige fettfreie Fleisch werden ebenfalls gewogen und dann jedes für sich getrocknet. Von Würsten und anderen Fleischsorten macht man in gleicher Weise eine Trocken- und Fettbestimmung; ebenso wenn es für nöthig erachtet werden sollte, Trockenbestimmungen des Brodes, der Milch etc.

Auf diese Art bekommt man die Quantität der verwendeten trockenen Nahrungsmittel, deren mittlere Zusammensetzung (an Eiweiss, Fett und Kohlehydraten) aus vielfachen Analysen schon bekannt ist, welche man dann der weiteren Berechnung zu Grunde legt; hält man dies aus irgend einem Grunde für ungenügend, so macht man noch Stickstoff- und Aschebestimmungen in der trockenen entfetteten Substanz.

II. Die zweite Methode sucht entweder aus dem Gewichte der im Ganzen in einer gewissen Zeit verbrauchten Lebensmittel von bekannter Zusammensetzung und der Zahl der sich dabei sättigenden Personen, die Menge des für eine Person im Mittel täglich Gegebenen zu berechnen (Methode II a) oder aus dem Verbrauch der Lebensmittel für das Kochen bestimmter Speisen und dem Gewichte einer Portion das Gleiche zu erfahren (Methode II b). b) Ermittelung des Kostsatzes aus dem Verbrauch an Lebensmitteln.

Diese Methode ist allgemein brauchbar und giebt ganz verlässige Resultate, namentlich auch dann, wenn die einzelnen Speisen nicht so einfach gekocht sind, sondern aus einer grösseren Anzahl von Nahrungsmitteln und Nahrungsstoffen, z. B. aus Mehl, Milch, Eiern, Zucker bereitet worden sind. In einem solchen Falle lässt die erste Methode, wie schon angegeben, ganz im Stich und wählt man dieselbe nur mehr dann, wenn letztere absolut nicht mehr durchführbar ist, und zur Ergänzung oder Controle für die nach der Methode II b gewonnenen Resultate.

a) Besteht für jeden Tag der Woche ein bestimmter Kostsatz, so wird ermittelt, welche Quantität der Lebensmittel zu jeder der in der Kostordnung festgesetzten Speisen genommen wird und bei der bekannten Zahl der Consumenten wird die Zusammensetzung der auf jeden derselben treffenden Nahrung für jeden Wochentag berechnet. Methode bei gleichmässigen Kostsätzen.

Es müssen dann alle Materialien zu den Speisen, bevor sie in den Kochtopf kommen, gewogen werden. Bei vielen Nahrungstoffen und Nahrungsmitteln z. B. dem Fett, dem Zucker, dem Mehl, dem Brod etc. macht dies gar keine Schwierigkeiten; bei dem Gemüse ist aber sehr darauf zu achten, nur das zum Kochen Benutzte zu wiegen, denn die Abfälle sind, namentlich in den späteren Wintermonaten, sehr bedeutend und dürfen natürlich nicht mit in Rechnung kommen. Am misslichsten ist es mit dem Fleische, da man nicht täglich die Erlaubniss erhält vor der

Zubereitung desselben die Knochen und das Fettgewebe abzutrennen; es bleibt dabei nichts Anderes übrig, als wenigstens an einigen Tagen die ganze für einen Tag bestimmte Fleischmasse, welche stets aus dem gleichen Körpertheil ausgehauen wird, in reines Fleisch, Knochen und Fettgewebe zu zerlegen und die erhaltenen Zahlen auch für die anderen Tage zu benutzen.

Modification des Verfahrens bei ungleichmässigen Portionen.

b) In manchen Anstalten, z. B. in den Krankenhäusern ist es nicht möglich dieses Verfahren ganz so einzuschlagen, da aus demselben Topfe ungleich grosse Portionen gemacht werden, für die verschiedenen Kostsätze der Patienten und auch für das Wartepersonal. In einem solchen Falle ermittelt man wie bei Methode IIa das Gewicht der für die Zurichtung der Speisen nöthigen Substanzen; nachdem man in einer Probe jeder der benutzten Substanzen den Gehalt an festen Bestandtheilen bestimmt oder ihn schon vorhandenen Analysen entnommen hat, kann man die in 100 gr der trockenen Speise enthaltenen trockenen Substanzen leicht berechnen. Nun wird eine Anzahl von Portionen, wie sie die Kranken erhalten, völlig bei 100° getrocknet und nach der bekannten procentigen Zusammensetzung diejenige jeder Portion durch eine einfache Rechnung gefunden. Die Portionen des gekochten Fleisches werden wie bei der Methode I vorher in Knochen, Sehnen, Knorpel, Fettgewebe und reines Fleisch zerlegt, die Knochen und Sehnen gewogen und das Fettgewebe und reine Fleisch jedes für sich getrocknet. —

Nachdem auf die angegebene Weise die Menge der zu einer Kost verwendeten Nahrungsstoffe und Nahrungsmittel bekannt ist, berechnet man wie bei der ersten Methode nach schon vorliegenden Analysen dieser Stoffe deren Gehalt an Eiweiss, Fett und Kohlehydraten, oder man macht, wenn eine eigene Analyse als nöthig angesehen wird, in Proben der angewandten Substanzen Bestimmungen des Gehaltes an Wasser, Fett, Stickstoff und Gesammtasche. Aus dem Stickstoffgehalte berechnet man den Eiweissgehalt durch Multiplikation mit 6,45, der Rest nach Berücksichtigung des Eiweisses, des Fettes und der Asche wird als Kohlehydrat in Anschlag gebracht. —

Untersuchung von Harn und Fäces der Versuchspersonen.

Sehr wünschenswerth ist es, über die Ausnutzung der dargereichten Kost und ferner darüber, ob der betreffende Mensch dabei sich auf seinem Eiweissbestand erhält, einige Anhaltspunkte zu gewinnen. Zu dem Zwecke muss von dem Menschen, welcher auf die angegebene Weise seine tägliche Kost mit annähernd bekannten Gehalte an festen Theilen und Eiweiss zuführt, der auf diesen Tag treffende Harn und Koth gesammelt werden. Wenn z. B. das Frühstück um 6 Uhr Morgens eingenommen wird, so wählt man als 24 stündige Beobachtungszeit die von 6 Uhr Morgens des einen Tages bis zur selben Zeit des folgenden. Vor Beginn des Versuchstages, also etwas vor 6 Uhr Morgens wird aller in der Blase befindliche Harn mit Sorgfalt entleert und ebenso am Ende des Versuchstages vor 6 Uhr der letzte Rest des Harns herausgepresst. Da die meist nicht sehr reichliche Abendmahlzeit wenigstens 10 Stunden vor Beendigung des Versuches verzehrt worden ist, so ist die während des Versuchstages eingeführte Kost am Schlusse desselben völlig verdaut

Der aufgesammelte Harn wird gemessen und in 10 cc desselben nach der Methode von Schneider und Seegen der Stickstoffgehalt bestimmt; der Koth, dessen Abgrenzung übrigens mit grossen Schwierigkeiten verbunden ist (vgl. oben pag. 423), wird im Ganzen gewogen, getrocknet und dann in einem kleinen Theil der Stickstoff nach Will-Varrentrapp bestimmt.

Man erfährt dadurch erstens, wie viel von den festen Theilen der Kost im Kothe wieder entfernt wurden und bekommt also einen Einblick in die Ausnutzung der Speisen im Darm; zweitens ergiebt sich aus dem Vergleich des Stickstoffs in der Kost und dem im Harn und Koth ausgeschiedenen, ob der Körper sich auf seinem Eiweissbestande annähernd erhalten hat oder nicht. — Ausserdem giebt die Untersuchung des Harnes und Kothes eine vortreffliche Controle dafür, ob die ganze Versuchsanordnung in Richtigkeit sich befindet.

Literatur. 1) Voit, Untersuchung der Kost in einigen öff. Anstalten, in Verbindung mit Forster, Renk und Schuster herausgegeben. München 1877. — Voit, Z. f. Biol. 12. 1. — Flügge, Beiträge zur Hygiene. Leipzig 1879. — Ueber Kost in Gefangenanstalten: Baer, V. f. öff. Ges. 8. 601. — Viert. f. ger. Med. 1871. 291. — Bogg, Lancet 1. 220. — Isham, The Clinic 10. 8. — Böhm, V. f. öff. Ges. 1. 371. — Ueber Soldatenkost: Debrom, Arch. méd. belg. 1876. 3. — Arnould, Ann. d'hyg. 35. 241. — Champouillon, Rec. de mém. de méd. etc. milit. 27. 205. — Raffauf, Naturalverpflegung an Bord, Kiel 1869. — Ferner: Housson, Ann. d'hyg. 35. 5. — 2) Voit, l. c. — v. Pettenkofer und Voit, Ueber den Stoffverbrauch des normalen Menschen, Z. f. Biol. 2. 459. — Forster, Beiträge zur Ernährungslehre, Z. f. Biol. 9. 381. — Bowie, Z. f. Biol. 15. Heft 3. — Ranke, Z. f. Biol. 13. Heft 1. — Steinheil, Z. f. Biol. 13. Heft 3. — Beneke, Zur Ernährungslehre des gesunden Menschen, Cassel 1878. — 3) Rancke, Arch. f. Anat. und Phys. 1862. 313. — Voit, Z. f. Biol. 1. 151. — Salkowski und Munk, Z. f. phys. Ch. 2. 37. — Rubner, Z. f. Biol. 15. 117. — 4) Hofmann, Sitz.-ber. d. Bayr. Ak. d. W. 1869. 2. 4. — Meyer, Z. f. Biol. 7. 1. — Woroschiloff, Berl. klin. Woch. 1873. 8. — Strümpell, Deutsch. Arch. f. klin. Med. 17. 108. — Rubner, l. c. — 5) König, Z. f. Biol. 12. Heft 3. — Krämer, Wyss, Bl. f. Ges. 5. 89. — Flügge, l. c. —

Fünfter Abschnitt.

Untersuchung der Fermente, Mikroorganismen und Desinfectionsmittel.

I. Kurze Uebersicht der neueren Anschauungen über Fermente und Mikroorganismen.

Zum leichteren Verständniss der im Folgenden abzuhandelnden complicirteren hygienischen Fragen sei eine kurze Uebersicht über das Wesen der Fermente und Fermentwirkungen und über die systematische Eintheilung und die Charaktere der Mikroorganismen vorausgeschickt. Selbstverständlich kann jedoch hier nur eine kurze Skizze gegeben werden, die nicht im entferntesten alle wichtigeren Fragen jenes ausgedehnten Gebietes berührt, sondern welche nur die nöthigsten Unterlagen zum Verständniss der Ziele und Methoden der Untersuchung zu liefern bestimmt ist.[1]

Charakterisirung der Fermente.

Fermente oder Gährungserreger sind sehr schwierig rein zu erhaltende organische Körper von complicirter chemischer Constitution, die im Stande sind, unter der Mitwirkung von Wasser andere organische Stoffe zu zerlegen; und zwar derart, dass sie selbst in diesen Process nicht hineinbezogen werden, wenigstens ihren chemischen Bestand scheinbar nicht ändern, während dagegen die zerlegten organischen Stoffe in Körper verwandelt werden, die zusammen eine geringere Verbrennungswärme haben, als die ursprünglichen Substanzen. Diese Eigenschaften haben die Fermente nur innerhalb bestimmter Temperaturgrenzen; sie verlieren dieselbe meist schon durch eine Temperaturerhöhung auf 60—100°. Nur in verdünnten Lösungen entfalten sie ausserdem ihre Thätigkeit; stark sauere oder alkalische Reaction, sowie zahlreiche andere chemische Agentien hemmen ihre Thätigkeit. Alle Fermente haben das gemeinsame Merkmal, dass sie Wasserstoffsuperoxyd zerlegen. Die Wirkungsweise der Fer-

mente lässt sich nach HOPPE-SEYLER[2] im wesentlichen folgendermassen zusammenfassen:

Dieselbe entfaltet sich nach zwei Richtungen hin; entweder sind die Umlagerungen, die durch Fermente erzeugt werden, Spaltungen mit Einlagerung von Wasser; man bezeichnet dann diesen Vorgang specieller als fermentative Spaltung und als fermentative Verseifung. Dieselbe Spaltung kann gewöhnlich auch durch verdünnte Mineralsäuren in Siedhitze, dieselbe Verseifung durch Einwirkung von Aetzalkalien in höherer Temperatur erzielt werden. — In diese Kategorie gehört z. B. das Ferment, welches Stärkemehl in Traubenzucker und Dextrin verwandelt; ferner das in der Bierhefe, aber auch in vielen anderen höheren Pflanzen enthaltene Ferment, welches Rohrzucker in Trauben- und Fruchtzucker verwandelt; das Emulsin, welches Benzolglucoside in Zucker und einfachere Benzolderivate spaltet. — In die Kategorie der verseifenden Fermente gehören Pankreasferment etc., welche Aether und Fette in Alkohole und Säuren spalten; dahin gehört auch die Wirkung eines in faulenden Stoffen vorkommenden Fermentes, das den Harnstoff unter Wasseraufnahme in kohlensaures Ammoniak spaltet.

Hoppe-Seyler's Eintheilung der Fermentwirkungen.

a) Spaltungen mit Einlagerung von Wasser.

Dem gegenüber werden durch andere Fermente Processe hervorgerufen, bei welchen eine besondere Umlagerung der Atome stattfindet; es tritt Entwicklung von CO_2 oder Bildung einer Carboxylverbindung ein, die vorher nicht vorhanden war; der Sauerstoff wandert daher vom Wasserstoff- zum Kohlenstoffatom; und es findet entweder Entwicklung von Wasserstoff statt oder aber häufiger eine entsprechende Reduction eines Theils der vorhandenen Stoffe durch den nascirenden Wasserstoff. Daneben wird noch in den meisten Fällen Wasser aufgenommen. — Zu dieser Gruppe von Fermentwirkungen gehört zunächst die Milchsäuregährung, die in einer Spaltung von Milchzucker und anderen Kohlehydraten durch ein in der Milch enthaltenes Ferment besteht; ferner die Alkoholgährung, bei welcher Dextrose, Fruchtzucker und Galactose in Alkohol und CO_2 gespalten werden, und zwar durch ein Ferment, welches in der lebenden Bierhefe enthalten ist und von dieser nicht getrennt werden kann. Neben den eigentlichen Producten der Alkoholgährung bilden sich dabei noch Bernsteinsäure, Glycerin, Amyl-, Propyl- Butylalkohol. Drittens gehören zu dieser Gruppe die Fäulnissprocesse. Bei diesen werden durch den frei werdenden Wasserstoff die kräftigsten Reductionswirkungen ausgeführt. Fäulniss erregend wirken vor allem die niedrigsten Organismen, Bacterien; aber auch in den Organen höherer Thiere und vielleicht auch allgemein in den Pflanzen scheint ein Ferment enthalten zu sein, welches fäulnissartige Vorgänge einleitet. Die Fäulniss verwandelt essigsauren Kalk in kohlensauren Kalk, CO_2 und Sumpfgas; Cellulose in CO_2 und Sumpfgas; milchsaurer Kalk liefert kohlensauren Kalk, Kohlensäure, buttersauren Kalk und Wasserstoff; Glycerin giebt Buttersäure, Butteressig- und Bernsteinsäure, nebst sehr wenig Wasserstoff; Eiweissstoffe zerfallen sehr leicht in Peptone, Ammoniak, CO_2, Leucin, Tyrosin, Indol, Buttersäure; geben dabei keinen Wasserstoff, aber reichlich CO_2. — In solcher Weise verlaufen die Fäulnissprocesse aber nur unter Abschluss von Sauerstoff; ist letzterer zugegen, und zwar in dem indifferenten Zustande des zweiatomigen Sauerstoffmoleküls, wie er in der Atmosphäre vorhanden ist, so bildet der frei werdende Wasserstoff keine Reduktionsprodukte, sondern greift stets den Sauerstoff an und zerreisst das Sauerstoffmolekül; es entsteht Wasser unter Wärmebildung und andererseits Ozon, activer Sauerstoff; und dieser führt nun seinerseits die energischesten Oxydationen aus. Demnach wird unter Betheiligung des Sauerstoffes der Fäulnissprocess völlig anders verlaufen; er wird zu einem äusserst raschen

b) Fermentprocesse mit Umlagerung der Atome.

Fäulnissprocesse.

Fäulniss bei Gegenwart von Sauerstoff.

Oxydationsprocess, wie derselbe sonst bei organischen Substanzen, die in Berührung mit Sauerstoff sind, niemals vorkommt. Bei niederer Temperatur sind ja die meisten organischen Substanzen dem atmosphärischen Sauerstoff gegenüber ausserordentlich stabil; es fehlen dem letzteren alle Angriffspunkte; erst wenn durch die Spaltungsvorgänge der Fäulniss H-affinitäten frei geworden sind, wird der Sauerstoff in thätigen Zustand übergeführt und vollbringt nun jene eingreifenden Zerstörungen.

Vorkommen der Fermente.

Diese Fermente lassen sich nun zum Theil von den pflanzlichen oder thierischen Zellen, welche sie produciren, trennen und isolirt darstellen; so hat man das Emulsin, manche Verdauungsfermente, bereits ziemlich rein erhalten können. Andere Fermentwirkungen sind derartig untrennbar an lebende Organismen gebunden, dass die Abtrennung eines besonderen Fermentes nicht möglich ist; mit dem Leben der Organismen erlischt hier auch die Fermentwirkung; so wird z. B. durch Behandeln mit Aether oder Chloroform das Leben der Hefezelle zerstört, zugleich aber der zuckerspaltenden Thätigkeit derselben ein Ziel gesetzt. — Eine

Verbreitung der Fermente in Mikroorganismen.

Reihe der hygienisch interessantesten Fermentwirkungen haftet an den kleinsten Organismen, die man gemeinhin als Pilze bezeichnet, und zwar so innig, dass die Fermentwirkung mit den Lebenserscheinungen und dem Stoffwechsel der Mikroorganismen fast völlig zusammenzufallen scheint. Ueber diese letzteren wird daher vor allem eine nähere Orientirung erforderlich sein.

Charakteristik der Mikroorganismen.

Die Mikroorganismen sind zu den Pflanzen gehörige Parasiten, welche kein Chlorophyll besitzen, sich mit vorgebildeter Nährsubstanz nähren, Sauerstoff aufnehmen und CO_2 produciren. Man unterscheidet 3 Classen:

1) Schimmelpilze.

1) Fadenpilze (Schimmelpilze). Sie bilden theils gegliederte, theils ununterbrochen röhrige Fäden aus verlängerten Zellen, die sich verzweigen und ästige Bildungen zeigen. Sie sind ausgezeichnet durch ein Mycelium, ein auf dem Substrat verbreitetes, Nahrung aufnehmendes Lager von Pilzfäden, von welchem sich Fruchtträger erheben, die entweder Sporen, Conidien, tragen, oder durch Mutterzellen, Basidien, oder durch Zelltheilung oder wandständige Zellenbildung (Sporangien) sich vermehren. Zu den Fadenpilzen gehören z. B. die Schimmelpilze, penicillium glaucum; aspergillus glaucus; mucor mucedo etc. — Die Schimmelpilze vermögen nicht ohne freien Sauerstoff zu leben; sie bedürfen geringerer Feuchtigkeit als die übrigen Pilze, ertragen eine höhere Concentration der Nährflüssigkeit, ebenso grössere Mengen von Säuren und Salzen. Sie zeigen verhältnissmässig träge Vegetation; unter dem begünstigenden Einfluss derselben vollzieht sich durch nebenhergehende, rein chemische Zersetzungen das Faulen des Obstes, des Holzes, welche Vorgänge besser als Verwesung und Vermoderung bezeichnet werden. — Sie scheiden kein lösliches Ferment ab. —

2) Keimpilze, Sprosspilze, Hefepilze. Dieselben bilden kleine kuglige oder ovale Zellen, die nur Ansammlungen von einzelnen Sporengruppen bilden und kein Myceel besitzen. Sie vermehren sich durch Sprossung aus der Oberfläche; bei der Unterhefe schnüren sich die neu entstandenen Zellen ab, so dass höchstens 2 verbunden bleiben; bei der Oberhefe sprossen viele neue Zellen hervor, so dass eine Reihe von Zellen entsteht, aber ohne eigentliche Fäden zu bilden. — Die Sprosspilze entwickeln sich in zuckerhaltigen Flüssigkeiten und wandeln hier den Zucker in Weingeist und Kohlensäure um; ferner scheinen sie den Weingeist in Essig überzuführen. Sie können diese Wirkung ausüben auch ohne freien Sauerstoff und bei guter Nahrung sogar ohne Sauerstoff wachsen und sich vermehren; sie vertragen keine grosse Concentration der Nährlösung. Sie scheiden nebenbei ein lösliches Ferment aus, welches den nicht gährungsfähigen Rohrzucker invertirt. 2) Sprosspilze.

3) Spaltpilze, Schicomyceten. Kurze, rundliche Zellen, entweder vereinzelt oder zu Stäbchen und Fäden, seltener zu kleinen Tafeln und Würfeln an einander gereiht. Sie vermehren sich nur durch Spaltung, Quertheilung. Zuweilen sind viele durch eine Gallertmasse verbunden (Zoogloea), oder sie bilden Schwärme. — Spaltpilze können verwechselt werden mit anderen Pilzen und mit unorganisirten Körperchen. Sprosspilze unterscheiden sich durch ihre durchschnittlich beträchtlichere Grösse, obwohl die kleinsten Sprosshefezellen nicht grösser sind als Spaltpilze. Die Zellen der Bierhefe haben einen Durchmesser von etwa $^1/_{100}$ mm; andere Sprosshefezellen nur $^1/_{200}$ mm; Spaltpilze haben höchstens einen Durchmesser von $^1/_{500}$ mm; bei den kleineren sinkt derselbe auf $^1/_{2000}$ mm und darunter, lässt sich aber dann nicht mehr genau schätzen. — Von Schimmelfäden, die so dünn wie Spaltpilzfäden sein können, unterscheidet man letztere durch die Verzweigungen, welche nur bei Schimmelfäden vorkommen. — Die Unterscheidung von nicht organisirten Gebilden ist oft schwierig, und kann sich nur auf die selbstständige, fortschreitende Bewegung, die Fortpflanzung und die gleichmässige Grösse und Gestalt der Spaltpilze gründen. (Vgl. unten.) — Die Spaltpilze verwandeln den Zucker in Milchsäure, dann in Buttersäure, zuweilen in Gummi; die stickstoffhaltigen Substanzen führen sie in ammoniakalische Fäulniss über, den Weingeist in Essigsäure u. s. w. 3) Spaltpilze.

Die allgemeinen Lebensbedingungen der niederen Pilze sind nach Naegeli[3] kurz folgende: Allgemeine Lebensbedingungen der niederen Pilze.

Man unterscheidet vier Zustände; 1) Zustand des Wachsthums und der Vermehrung durch Zellbildung; 2) Rückgang der Lebensbewegung, der durch allmählichen Verbrauch der Substanz erfolgt; in der ersten Periode der Involution ist noch die Fähigkeit vorhanden, unter neuen, günstigeren Ernährungsbedingungen wieder in

Wachsthum und Vermehrung überzugehen; in der zweiten Periode haben die Zellen diese Fähigkeit verloren. 3) Ruhendes, latentes Leben, ein vollständiger Stillstand der Lebensbewegung, der unter gewissen äusseren Umständen, beim Eintrocknen, Gefrieren etc. eintritt, und unter günstigeren Verhältnissen wieder in thätiges Leben übergehen kann. 4) Sporenbildung; kommt bei allen Gruppen von niederen Pilzen vor und ist eigentlich die Fortpflanzung, wenn man die mit dem Wachsthum verbundene Vervielfältigung als Vermehrung bezeichnet. Zuweilen werden „Dauersporen" gebildet, die sich gewöhnlich als dunkel conturirte, stark glänzende Kugeln darstellen, und die sich durch eine ausserordentliche Resistenz gegen alle äusseren Einflüsse auszeichnen, selbst durch extreme Temperaturen unter 0 und weit über 100° nicht alterirt werden. — Ausserdem kommt noch der Zustand der Hefewirkung hinzu, der die Spross- und Spaltpilze befähigt, eine Reihe von löslichen organischen Substanzen zu zersetzen. Jeder der erwähnten Zustände erfordert seine besonderen Bedingungen zum Bestehen; ein nachtheiliger Einfluss vernichtet nicht gleich alle fünf Möglichkeiten für die Wirkung und das Leben der Spaltpilze; sondern bei allmählicher Steigerung eines störenden Einflusses wird zunächst nur die Hefewirkung vernichtet; dann wird die Ernährung und das Wachsthum gehindert; dann wird die rückgängige Lebensbewegung unterbrochen; und schliesslich gelingt es vielleicht, die Lebensfähigkeit der Zellen oder Sporen zu vernichten.

Verschiedene Lebenszustände der Pilze.

Zu den Bedingungen, welche das Leben der Pilze beeinflussen, und welche irgend ein Medium als adäquat oder als nicht adäquat für die Entwicklung gewisser Parasiten erscheinen lassen, gehören vor allem 1) die Nährstoffe, deren die Pilze zum Wachsthum und zur Vermehrung bedürfen. Diese Nährstoffe sind zunächst entweder eine höhere, kohlenstoff- und stickstoffhaltige Verbindung, oder Ammoniak mit einer höheren stickstofffreien Kohlenstoffverbindung, wie Weinsäure, Essigsäure, Humussäure, Carbolsäure, Glycerin, Zucker etc.; sodann gewisse Mineralstoffe, und zwar schwefelsaure und phosphorsaure Alkalien und Erden. 2) Freier Sauerstoff ist den Spross- und Spaltpilzen zwar unter sonst günstigen Umständen entbehrlich; aber er ist dem Wachsthum ausserordentlich förderlich. 3) Wasser ist für die Pilze nöthig als Träger der Nährstoffe und Vermittler aller chemischen Processe. Die Spross- und Spaltpilze bedürfen zum Leben einer grösseren Menge Wasser als die Schimmelpilze. Austrocknen tödtet sie nicht, sondern hemmt nur vorübergehend die Lebensthätigkeit; im lufttrockenen Zustande können die Pilze Jahrhunderte lang conservirt werden. — Sind in einem Wasser nur wenig Nährstoffe vorhanden, so verbrauchen die Pilze rasch die organischen Verbindungen, erschöpfen sich und sterben ab. — 4) Alle nicht zur Ernährung erforderlichen Stoffe, die ausser diesen in wässriger Lösung vorhanden sind, scheinen das Wachsthum und die Wirksamkeit der Pilze durch ihre Anwesenheit zu schwächen, also wie Gifte zu wirken, und zwar um so mehr, in je grösserer Menge sie vorhanden sind. Namentlich aber scheinen die eigenen Ausscheidungs- und Zersetzungsproducte der Pilze, wenn sie nicht sehr flüchtig sind und entweichen, giftig zu wirken und der Zersetzungsthätigkeit und Vermehrungsfähigkeit der Zellen ein Ziel zu setzen, sobald sie eine gewisse Concentration erreicht haben. (S. Wernich's Untersuchungen über Indol, Skatol, Phenol etc.). Deshalb darf bei der Milchsäure- und Alkoholgährung der Gehalt an diesen Producten nur bis zu einem bestimmten Grade steigen; dann müssen sie gebunden oder entfernt werden, wenn noch weitere Zersetzung stattfinden soll. Daher ist auch eine Ventilation, welche die giftigen Gase abführt, aber nicht so stark ist, dass eine schnelle Wasserverdunstung erfolgt, für die Entwicklung von Culturen vortheilhaft. — Auch die Nährstoffe wirken schädlich, sobald sie über eine gewisse Concentration

Einfluss der Nährstoffe; des Sauerstoffs; des Wassers; fremder nicht nährender Soffe;

hinausgehen; daher wirkt partielles Austrocknen störend, und zwar namentlich auf Spross- und Spaltpilze, während Schimmelpilze stärkere Concentrationsgrade ertragen und also noch vegetiren können, wo für jene Pilze der Boden nicht mehr geeignet ist. — 5) Die Temperatur ist von wesentlichem Einfluss auf die Lebensvorgänge der Pilze, und zwar steigert sich diese mit der Erhöhung der Temperatur bis zu einem Maximum — das aber für jeden Pilz und für jede Function bei einem anderen Temperaturgrad liegt — und hört bei geringer Erwärmung über das Maximum plötzlich auf. Zunächst wird wieder die Hefewirksamkeit gestört, bei höherer Temperatur Wachsthum und Vermehrung, bei noch höherer Wärme können die Pilze im feuchten Zustande und bei sehr grosser Hitze im trockenen Zustande getödtet werden. Durch Kälte scheint nur zeitweise Aufhebung der Lebensthätigkeit möglich zu sein. — Die Temperatur des menschlichen Körpers ist für die Spross- und Spaltpilze nahezu die günstigste. — Weiterhin sind als seltener in Betracht kommende Einflüsse mechanische Erschütterungen (durch Schütteln, Rühren etc.) und ferner der elektrische Strom zu erwähnen, welche beide hemmend auf die Entwicklung von Culturen einwirken. —

Einfluss der Temperatur;

fernere seltenere Einflüsse.

Von diesen Bedingungen hängt das Gedeihen einer Pilzgattung ab; sie alle tragen gemeinsam dazu bei, ein Medium irgend einem parasitischen Pilz adäquat zu machen; tritt eine derselben zurück, ist z. B. die Temperatur abnorm, oder der Sauerstoffgehalt gering, so können die übrigen Bedingungen so günstig liegen, dass dennoch die Lebensthätigkeit bestehen bleibt; sind dagegen mehrere andere der genannten Einflüsse in nicht günstiger Weise vertreten, so können dieselben Abweichungen zu einem Aufhören des Lebens führen. Es sind daher alle die genannten Bedingungen zu berücksichtigen, wenn es sich darum handelt, die Lebensfähigkeit von Pilzen in einem Medium zu beurtheilen. —

Noch ein anderer Einfluss verschiebt aber häufig den Effect der bisher besprochenen Lebensbedingungen. Wenn nämlich verschiedene Formen von niederen Pilzen in derselben Nährlösung leben, so findet Concurrenz, Kampf ums Dasein, statt, wobei besonders Spross- und Spaltpilze sich energisch verdrängen. Bei der Concurrenz kommt es darauf an, ob die Gesammtheit der äusseren Umstände der einen oder anderen Pilzform günstiger ist. Die oben genannten Einflüsse können daher von ganz verschiedener Wirkung auf Wachsthum und Gährwirksamkeit sein, je nachdem eine Pilzgattung allein oder gleichzeitig mit einem concurrirenden Pilz vorkommt. — Häufig entscheidet, bei sonst gleichen Verhältnissen, die Anwesenheit und Menge eines nicht nährenden löslichen Stoffs; Spaltpilze sind z. B. in einer neutralen und salzarmen, Sprosspilze in einer schwach saueren und salzreichen Lösung die stärkeren. Schimmelpilze werden gegenüber den Sprosspilzen und besonders den Spaltpilzen begünstigt durch Zutritt von Sauerstoff, durch höhere Concentration der Nährflüssigkeit und durch grössere Mengen von Säuren und Salzen. Da jede Nährlösung durch die Vegetation einer Pilzform Zersetzungen erleidet, sich chemisch verändert, und dadurch häufig für eine andere Form geeigneter wird, kommt es gewöhnlich vor, dass mehrere Pilzvegetationen auf einander folgen, indem eine der anderen den Nährboden bereitet. Wenn man z. B. frischen oder gekochten, nicht allzu zuckerreichen Traubenmost oder einen anderen Fruchtsaft offen stehen lässt, so dass alle möglichen Pilzkeime hineinfallen, so vermehren sich blos die Sprosspilze und der Most verwandelt sich in Wein. Nun hört die Vermehrung der Weinhefezellen auf, und andere Keime, die bisher nicht wachsthumsfähig waren, entwickeln sich. Es tritt eine Kahmhaut an der Oberfläche auf, welche den Weingeist zu Essigsäure verbrennt. Ist der Wein zu Essig geworden, so beginnt Schimmelbildung; die Schimmeldecke, welche an die

Einfluss der Concurrenz mit anderen Pilzgattungen.

Stelle der Kahmhaut tritt, verzehrt die Säure und macht die Flüssigkeit neutral. Jetzt werden die Spaltpilze existenzfähig; bald wimmelt es von ihnen und es erfolgt Fäulniss. — Bringt man ferner in zuckerhaltige Nährlösungen, welche neutral reagiren, Spaltpilze, Sprosspilze und Schimmelpilze, so vermehren sich nur die Spaltpilze und bewirken Milchsäurebildung. Wenn man aber der nämlichen Nährlösung $^1/_2$ % Weinsäure zusetzt, so vermehren sich blos die Sprosspilze und verursachen weingeistige Gährung. Bringt man endlich in die gleiche Nährlösung 4 oder 5 % Weinsäure, so erhält man blos Schimmelbildung. —

Einfluss der Zahl der Pilze.

Bei der Concurrenz der Spross- und Spaltpilze entscheidet endlich oft auch die Zahl der jeder Gattung zugehörigen Pilze, so dass in der nämlichen Flüssigkeit diejenige Form die andere gänzlich zu verdrängen vermag, welche von Anfang an in überwiegender Menge vertreten ist. Bei anfänglich gleicher (sehr geringer) Menge werden z. B. in einer neutralen zuckerhaltigen Nährlösung die Sprosspilze durch die Spaltpilze verdrängt, während sie, von Anfang an in überwiegender Zahl vorhanden, die Spaltpilze völlig überwinden.[4] —

Verhältniss der Pilzgattungen zu einander.

Ueber das Verhältniss der verschiedenen Pilzgattungen zu einander, und namentlich auch über das Verhältniss zwischen den unten zu erwähnenden verschiedenen Formen von Spaltpilzen, gehen die Ansichten noch weit auseinander.

Frühere Anschauungen.

Früher galt eine Zeitlang die Anschauung Hallier's, welche auf der älteren von Tulasne entwickelten Theorie vom Pleomorphismus der Reproductionsorgane beruhte; bei einer grossen Pilzfamilie sollen sich in bestimmter Reihenfolge verschiedene Fortpflanzungsorgane entwickeln, so zwar dass die einen die nothwendige Vorstufe der anderen bilden. Die verschiedenen Pilzformen gelten nur als Morphen, Vegetationsformen, einiger weniger Arten; und diese Vegetationsformen gestalten sich nur verschieden je nach den Verhältnissen, unter denen der Pilz lebt; so z. B. wachsen die Schimmelpilze als solche nur an der Luft; werden sie aber durch eine Flüssigkeit von der Luft abgesperrt, so bilden sich Mikrokokken; und diese können je nach den Bedingungen, unter die sie gerathen, zu Bacterien, zu Hefe und wieder zu Schimmelpilzen werden. — Eine andere Auffassung entwickelte Billroth. Derselbe bezeichnete mit dem Namen coccobacteria septica eine Alge, welche die verschiedenen Formen der Spaltpilze als Morphen in sich vereinigt, aber von den Hefe- und Schimmelpilzen verschieden ist; überall existiren Dauersporen dieser Pflanze, die je nach den Verhältnissen zu Bacterien oder Mikrokokken auswachsen können.

Verhältniss zwischen Schimmel-, Spross- und Spaltpilzen.

Neuerdings nimmt man als feststehend an, dass Schimmel- und Sprosspilze zwar nahe verwandt sind, aber nicht in einander übergeführt werden können; ferner dass die Spaltpilze weder mit Sprosspilzen noch mit Schimmelpilzen in irgend welchem genetischen Zusammenhang stehen, dass sie ebensowenig diese anderen Pilzformen erzeugen, als aus solchen hervorgehen können.

Verhältniss zwischen den verschiedenen Formen und Functionen der Spaltpilze.

Nun zeigen aber die Spaltpilze selbst wieder verschiedene Formen; ferner zeigen sie ganz ausserordentlich verschiedene Wirkungen in den Nährlösungen; bald verursachen sie diese, bald jene Gährung; ferner werden sie bekanntlich als die Erreger mannigfaltiger Krankheiten angesprochen. Ueber das Verhältniss dieser verschiedenen Arten von Spalt-

pilzen zu einander sind zwei entgegengesetzte Anschauungen möglich: 1) Entweder existiren specifische Spaltpilze für die verschiedenen Functionen; für jede Gährung, für die Fäulniss, für jede Krankheit giebt es einen besonderen Spaltpilz, der nur zu diesem einen Effect befähigt ist und ihn immer ausübt, sobald er unter die geeigneten Bedingungen kommt; eine Verwandlung des einen Pilzes in einen anders wirkenden kommt nicht vor. In diesem Falle fragt es sich dann weiter: Sind die bisher beobachteten Differenzen der Form identisch mit den verschiedenen Functionen? Kennzeichnet sich die Wirkungsweise eines Spaltpilzes durch seine morphologische Beschaffenheit? Oder aber ist die verschiedene Functionsweise nicht in der Form ausgeprägt — ähnlich wie die bittere und süsse Mandel trotz der enormen Differenz in ihrer physiologischen Wirkungsweise die gleiche äussere und mikroskopische Beschaffenheit zeigen (Cohn); und ähnlich wie an den Bildungszellen des Eies und zahlreicher pathologischer Gewächse ihre demnächstige Entwicklung nicht erkannt werden kann (Virchow).

Specificität der Spaltpilze?

2) Auf der anderen Seite steht diesen Anschauungen die Möglichkeit gegenüber, dass die Spaltpilze weder nach ihrer Wirkung noch nach ihrer Form unterschieden sind; und dass namentlich die bisher bekannten Formenvarietäten in keiner Weise mit den Unterschieden in der Wirkungsweise sich decken. In diesem Falle kann man annehmen, dass es zwar einige wenige Arten giebt, die aber mit den jetzigen Gattungen und Arten wenig gemein haben, und von denen jede einen bestimmten, aber ziemlich weiten Formenkreis durchläuft, wobei verschiedene Arten in analogen Formen und mit gleicher Wirkungsweise auftreten können. Die morphologisch und physiologisch verschiedenen Formen, in denen jede Species der Spaltpilze dann auftritt, werden durch die äusseren Verhältnisse rasch oder langsam in einander umgewandelt, wobei die frühere Wirkungsweise verloren geht und eine andere erworben wird (Anpassung, Acclimatisation).

Oder Mangel durchgreifender Unterschiede bezüglich der Form und Wirkung?

Für die erste Annahme, dass specifisch functionirende Arten von Spaltpilzen bestehen, die sich zugleich durch eine bestimmte Form kennzeichnen, sprechen namentlich die Resultate der Koch'schen Versuche über Wundinfectionskrankheiten [5]; in denselben entsprach einer jeden Krankheit eine besondere Bacterienform, und diese blieb, so vielfach auch die Krankheit von einem Thier auf das andere übertragen wurde, immer dieselbe. Auch wenn es gelang, dieselbe Krankheit von neuem wieder durch putride Substanzen hervorzurufen, trat nicht eine andere, sondern dieselbe schon früher für diese Krankheit als specifisch gefundene Bacterienform auf. Ferner waren die Unterschiede dieser Bacterienformen so gross, wie sie bei Organismen, die theilweise an der Grenze des Sicht-

1) Gründe für die Existenz specifisch functionirender u. specifisch geformter Spaltpilze.

baren stehen, nur erwartet werden können; dieselben bestehen nicht allein in der Grösse und Gestalt der Bacterien, sondern daneben noch in ihren Wachsthumsverhältnissen, die sich am besten aus der Lagerung und Gruppirung ersehen lassen. — Freilich schliessen diese Versuche immerhin nicht alle Einwände völlig aus; es bleibt sowohl die Möglichkeit bestehen, dass gelegentlich andere Formen von Spaltpilzen dieselbe Krankheit produciren; und ebenso ist es denkbar, dass dieselben Organismen unter anderen Verhältnissen andere Functionen äussern.

Die Arten von Spaltpilzen, welche zur Zeit als morphologisch und physiologisch verschieden erkannt werden können, sind nach Cohn folgende[6]:

I. Gruppe. Sphaerobacteria. Kugelbacterien.

Charakteristik der morphologisch und physiologisch verschiedenen Arten von Spaltpilzen.

Kuglige oder ovale Zellen, unter $^1/_{1000}$ mm gross, ohne körnigen Inhalt, doppelt conturirt. Zellen meist paarweise an einander, stark eingeschnürt. Bei fortschreitender Theilung Ketten aus 3 bis 8 und mehr Gliedern. Die Ketten häufig unregelmässig verbunden und dichte Zellhaufen bildend; oder die Zellen ohne Kettenbildung zu Haufen vereinigt und durch Intercellularsubstanz zu zähen Schleimmassen umgebildet, in denen die kugligen Zellen dicht neben und über einander gedrängt sind und unter dem Mikroskop ein äusserst charakteristisches, dicht punktirtes oder fein gekörntes, gleichsam chagrin-ähnliches Ansehen bieten (Zoogloea, Fig. 5 auf Tafel II).

Erste Gruppe: Kugelbacterien.

Gattung Micrococcus. Zellen farblos oder schwach gefärbt, sehr klein, kuglig oder oval, durch Quertheilung zu zwei- oder mehrgliedrigen kurzen rosenkranzförmigen Fäden (Torulaform, Mycothrix), oder zu vielzelligen Familien (Colonien, Ballen, Haufen), zu Schleimmassen (Zoogloea-, Mycodermaform) vereinigt; ohne Bewegung. — Zuweilen finden sich in der feinkörnigen Mikrokokkenmasse sehr zahlreiche Körperchen von kugligem oder ovalem Umriss; der Durchmesser beträgt 20—70 Mikromill., bei den elliptischen erreicht die längere Achse 120 – 160 Mikrom. An jedem Körperchen erkennt man einen Gallerthof von 10—15 Mikrom. Dicke, der eine knorplige, schwer zu sprengende Kapsel bildet. Der Einschluss der Kapsel scheint aus kleinen, dicht an einander gelagerten Kugelbacterien zu bestehen, welche durch eine ungewöhnlich feste, spärlich entwickelte Intercellularsubstanz zu Zellfamilien verbunden sind. Diese Form wird als Ascococcus Billroth bezeichnet.

1. Pigmentbacterien. Treten in gefärbten Zellenmassen auf; bilden Zoogloeamassen, die sich sehr rasch auf der Oberfläche ihrer Nährsubstanz entwickeln. Das Pigment entsteht nur in Berührung mit Luft, erscheint daher zuerst an der Oberfläche und dringt allmählich mehr oder minder in die Tiefe. Erzeugen alkalische Reaction.

   a) in Wasser unlösliche Farbstoffe; roth und gelb, microc. prodigiosus und m. luteus. Namentlich auf gekochten Kartoffeln.

   b) in Wasser lösliche Farbstoffe, m. chlorinus (gelb, grün); m. cyaneus (blau); m. violaceus (veilchenblau). Die Organismen, welche die blaue und gelbe Milch sowie den spangrünen Eiter erzeugen (Vibrio synxanthus und syncyanus, Bacteridium aerugineum) gehören nicht hierher, da sie Stäbchenform besitzen und zum Theil beweglich sind.

2. Zymogene Mikrokokken. Erregen verschiedene Fermentationen. micrococcus ureae. Ferment der ammoniakalischen Harngährung (?). Vereinzelte oder zu 2, 4 bis 8 kettenförmig vereinigte Zellen von 1,25 bis 2 Mikromillim. Durchmesser.
3. Pathogene Kugelbacterien. Fermente der Contagien (?). micrococcus vaccinae; m. diphtericus (0,35 bis 1,1 Mikromillim. Durchmesser; Zellen einzeln oder zu 4—6 rosenkranzförmig zusammenhängend oder auch colonieförmig kuglige Ballen, cilindrische oder streifenförmige Nester bildend); m. septicus; m. bombycis (von Pasteur bei einer epidem Erkrankung der Seidenraupen gefunden). Dahin gehören ferner die von Koch neuerdings gefundenen Mikrokokken; eine Art, welche Zellen von 0,5 Mikromillim. und regelmässige Kettenbildung zeigt, und progressive Gewebsnekrose bewirkt; eine andere Art, von einem Zellendurchmesser von nur 0,15 Mikromillim. und reichlich Zoogloea bildend, welche die progressive käsige Abscessbildung beim Kaninchen charakterisirt; bei Pyämie der Kaninchen fanden sich Mikrokokken von 0,25 Mikromillim. Grösse; bei Septikaemie der Kaninchen ovale Mikrokokken von 0,8—1,0 Mikromillim. grösstem Durchmesser.

II. Gruppe. Stäbchenbacterien. Microbacteria.

Kurz cylindrische oder elliptische Zellen; während der Quertheilung hängen sie paarweise zusammen, zuweilen 4 in einer Reihe; bei der Trennung hängen die Zellen häufig noch im Winkel an einander. Sie bilden keine Ketten oder Fäden, wohl aber Zoogloea, die sich von den schleimigen Häuten der Mikrokokken durch eine reichlicher entwickelte, festere, nicht feinkörnige Zwischensubstanz unterscheidet. Sie sind meist lebhaft spontan bewegt, doch wechseln die beweglichen Zustände mit Zeiten der Ruhe ab.

Zweite Gruppe; Stäbchenbacterien.

a) Bacterium termo. Kurz cylindrische oblonge Zellen, der Inhalt je nach der Einstellung hell schimmernd oder schwärzlich; die Membran verhältnissmässig dick; bei gewöhnlicher Einstellung erscheinen sie als kleine, zarte dunkele Striche, die von einem hellen Rande, der Membran, eingefasst sind. Fast immer findet man sie in mehr oder weniger vorgeschrittener Theilung, oder paarweise verbunden. Gewöhnlich sind sie 1,5 Mikromillim. lang und nur halb oder $^1/_3$ so breit. — Fäulnissferment. — Zuweilen (auf sauerem Bier) unbeweglich in parallelen geraden und gekrümmten Linien an einander gereiht. (Fig. 9).
b) Bacterium lineola. Zellen deutlich cylindrisch, gerade, etwa 4 mal so lang als breit; besitzen einen stark lichtbrechenden, weichen, mit fettartigen Körnchen reichlich durchsetzten und daher dunkelpunktirten Inhalt. Ihre Länge beträgt 3,8 bis 5,25 Mikromillim., ihre breite bis 1,5 Mikromillim. — Einzeln oder paarweise an einander hängend. Bewegen sich kräftig, mit dem einen Ende zitternd. Bilden ebenfalls Zoogloeagallert. (Fig. 10).

III. Gruppe. Fadenbacterien, Desmobacterien.

Verlängerte cylindrische Glieder, welche, wenn sie isolirt vorkommen, dem bact. lineola ähnlich sind, durch Quertheilung aber vermehrt, sich zu längeren oder kürzeren Fäden oder Ketten aneinanderreihen; diese Fäden sind jedoch nicht an den Gelenken eingeschnürt wie die Rosenkranzform der Kugelbacterien, sondern durchweg walzenrund; sie werden als Leptothrixfäden bezeichnet. Die Fadenbacterien bil-

Dritte Gruppe: Fadenbacterien.

den oft Schwärme, aber nie Zoogloeagallert. Auch bei ihnen wechseln bewegliche und unbewegliche Zustände.

a) Fäden gerade. Genus Bacillus.

Dahin gehören: Bacillus subtilis; Fäden sehr dünn und biegsam; die Gliederung nicht leicht zu erkennen. Gewöhnlich sind die Glieder 6 Mikromillim. lang, meist zu 2, 3, bis 20 an einander gereiht. Die Fäden sind in hohem Grade activ und passiv flexil. — Hauptsächlich bei der Buttersäuregährung gefunden. — Bacillus ulna; steifere und dickere Fäden, 10 Mikromillim. lang und 2 m breit; gerade oder zickzackartig gebrochene Ketten von 2—4 Gliedern. — Häufiger zwischen anderen Bacterienformen beobachtet.

Dahin gehören ferner: Bacillus anthracis, Milzbrandbacillus, dem bac. subtilis ähnlich bis 20 Mikromillim. lang und 1—1,25 m dick (s. unten); ferner die sehr kleinen Bacillen, welche Koch bei der Septikaemie der Mäuse gefunden hat, von 0,8—1,0 Mikromillim. Länge und einer (nicht mehr genau zu schätzenden) Dicke von 0,1 bis 0,2 Mikromillim. (Fig. 20). Die beim erysipelatösen Process am Kaninchen beobachteten Bacillen von 3,0 Mikromillim. Länge und 0,3 m Dicke, die zu 2—7 Gliedern an einander hängen; endlich der von Klebs als bacillus malariae bezeichnete Organismus, aus Stäbchen von 2—7 Mikromillim. Länge bestehend, die zu gewundenen Fäden heranwachsen und an der Luft ausgesetzten Oberflächen Fadenbüschel von kurzen Gliedern bilden oder Dauersporen entwickeln (Fig. 22).

b) Fäden wellenförmig gebogen. Genus Vibrio.

Vibrio Rugula; Fäden 8—16 Mikromillim. lang, mit feinpunktirtem körnigem Inhalt, doppelt so dick wie bac. subtilis, stets schwach aber deutlich gebogen. Drehung um die Achse und Vorwärtsbewegung. Oft Bildung von Schwärmen. Vibrio serpens; die dünnen Fäden zeigen, statt 1—1½ Biegungen wie V. Rugula, 3—4 formbeständige Wellenbiegungen.

IV. Gruppe. Schraubenbacterien, Spirobacteria.

Vierte Gruppe: Schraubenbacterien.

Fäden in Form einer eng gewundenen, formbeständigen Schraube. Zuweilen mit flexilen Geisseln versehen.

a) Spirochaete. Sp. plicatilis (Fig. 17); ausserordentlich schnelle Bewegungen; zweifache Wellenlinie; die primären Windungen stets gleich gross, die secundären oft von ungleicher Grösse. — Spirochaete des Zahnschleims (Fig. 18); der folgenden sehr ähnlich, aber kürzer und etwas dünner. — Spirochaete Obermeieri (Fig. 19), Spirochaete des Rückfalltyphus. — Die beiden letzten Formen zeigen im Gegensatz zu anderen Spirochaeten zugespitzte Enden.

b) Spirillum. Sp. tenue; Länge 4—15 Mikromillim., jeder Faden zeigt 1½ bis 5 Windungen; Höhe und Durchmesser der Schraubengänge 2—3 Mikromillim.; bildet dichte Schwärme und verfilzte Haufen. — Spir. Undula. Stärkere Fäden mit weiterer Windung; jeder Schraubengang hat 4—5 Mikromillim. Höhe und Durchmesser. Gewöhnlich ½—1, seltener 2—3 Windungen. Sehr rasche Drehung und Bewegung. — Spir. volutans; die grösste der Bacterien, von manchen Botanikern aber nicht als zu den Bacterien gehörig anerkannt; 25—30 Mikromillim. langer, 1,5 Mikromillim. dicker Faden, der 2½—3—3½ Windungen zeigt; Höhe jeder Windung 13 Mikromillim.; Durchmesser 6,6 Mikromillim.; an jedem Ende

ein Geisselfaden, der bei den Bewegungen peitschenartig hin- und hergeschleudert wird.

Eine besondere Stellung nehmen ein: Leptothrix buccalis, lange, sehr schmale Fäden, durch Scheidewände getheilt; findet sich in den Zersetzungsmassen der Mundhöhle, des Darmkanals etc. — Ferner Sarcine ventriculi. Flach cubische Zellen, jede vierfach eingeschnitten und mit 2—4 blassen Kernen versehen; $^1/_{100}$ mill. Durchmesser; kommen in cubischen Haufen vor, vermehren sich durch fortwährend vierfache Theilung und Abschnürung anfangs rundlicher Zellen. —

Unter Berücksichtigung der Stellung der Bacteriaceen im System der Pflanzen, ergiebt sich nach Cohn folgende Uebersicht dieser und der verwandten Familien: System der Schizophyten.

Schizophytae.

Tribus I. Gloeagenae.

Zellen frei oder durch Intercellularsubstanz zu Schleimfamilien vereinigt.

A. Zellen frei oder binär oder quaternär verbunden.

Zellen kuglig . . . . Chroococcus. Naeg.
Zellen cylindrisch . . . . Synechococcus. Naeg.

B. Zellen im Ruhezustand zu amorphen Schleimfamilien vereinigt.

a) Die Zellenmembranen mit der Intercellularsubstanz zusammenfliessend.

1. Zellen nicht phycochromhaltig, sehr klein.
Zellen kuglig . . . . Micrococcus. Hall. emend.
Zellen cylindrisch . . . . Bacterium. Duj.

2. Zellen phycochromhaltig, grösser.
Zellen kuglig . . . . Aphanocapsa. Naeg.
Zellen cylindrisch . . . . Aphanothece. Naeg.

b) Intercellularsubstanz aus in einander geschachtelten Zellhäuten gebildet.
Zellen kuglig . . . . Gloeocapsa. Kg. Naeg.
Zellen cylindrisch . . . . Gloeothece. Naeg.

C. Zellen zu begrenzten Schleimfamilien vereinigt.

c) Zellfamilien einschichtig, in eine Zellfläche gelagert.

1. Zellen quaternär geordnet, in einer Ebene. Merismopedia. Meyen.

2. Zellen ungeordnet, in eine Kugelfläche gelagert.
Zellen kuglig; Familien netzförmig durchbrochen Clathrocystis. Henfr.
Zellen cylindrisch keilförmig, Familien durch Furchung getheilt . . . . Coelosphaerium. Naeg.

d) Zellfamilien mehrschichtig, zu sphäroidischen Zellkörpern vereinigt.

1. Zellenzahl bestimmt.
Zellen kuglig, quaternär geordnet, farblos . . . Sarcina. Goods.
Zellen cylindrisch keilförmig, ungeordnet, phycochromhaltig . . . . Gomphosphaeria. Kg.

2. Zellenzahl unbestimmt, sehr gross.
Zellen farblos sehr klein . . . . Ascococcus. Billr. emend. (p. 444).
Zellen phycochromhaltig, grösser . . . . Polycystis. Kg. Coccochloris. Spr. Polycoccus. Kg. a. a.

Tribus II. Nematogenae Rab.

Zellen in Fäden geordnet.

A. Zellfäden stets unverzweigt.

a) Zellfäden frei oder verfilzt.

1. Fäden cylindrisch, farblos, undeutlich gegliedert.
   Fäden sehr dünn, kurz . . . . Bacillus. Cohn.
   Fäden sehr dünn, lang . . . . Leptothrix, Kg.
   Fäden stärker, lang . . . . Beggiatoa, Treviranus.
2. Fäden cylindrisch, phycochromhaltig, deutlich gegliedert, Fortpflanzungszellen nicht bekannt . . . . Hypheothrix. Kg. Oscillaria.
3. Fäden cylindrisch gegliedert. Gonidien bildend.
   Fäden farblos . . . . Crenothrix. Cohn.
   Fäden phycochromhaltig . . . . Chamaesiphon.
4. Fäden schraubenförmig, ohne Phycochrom.
   Fäden kurz, schwach wellig . . . . Vibrio. Ehrenberg.
   Fäden kurz, spiralig, starr . . . . Spirillum, Ehrenberg.
   Fäden lang, spiralig, flexil, phycochromhaltig . . Spirochaete, Ehrenberg.
   Fäden lang, spiralig, flexil . . . . Spirulina.
5. Fäden rosenkranzförmig.
   Fäden ohne Phycochrom . . . . Streptococcus. Billroth.
   Fäden phycochromhaltig . . . . Anabaena Borg. Spermosira. Kg.

b) Zellfäden durch Intercellularsubstanz zu Schleimfamilien vereinigt.

1. Fäden cylindrisch, farblos . . . . Myconostoc. Cohn.
2. Fäden cylindrisch, phycochromhaltig . . . . . Chthonoblastus. Kg.
3. Fäden rosenkranzförmig . . . . Nostoc, Hormosiphon.
4. Fäden an der Spitze peitschenförmig verjüngt . Rivularia, Zonotrichia.

B. Zellfäden durch falsche Astbildung verzweigt.

1. Fäden cylindrisch, farblos . . . . Cladothrix, Cohn. Streptothrix.
2. Fäden cylindrisch, phycochromhaltig . . . . . Calothrix, Scytonema.
3. Fäden rosenkranzförmig . . . . Merizomyria. Kg. Mastigocladus, Cohn.
4. Fäden peitschenförmig nach der Spitze verjüngt Schizosiphon, Geocyclus. Kg.

---

2) Gründe für den Mangel specifischen Unterschiede bezüglich der Form und Function.

Die zweite, hauptsächlich von Naegeli vertretene Anschauung, dass den Spaltpilzen die Specificität der Form und bis zu gewissem Grade auch der Function fehle, stützt sich namentlich darauf, dass gewöhnlich bei der nämlichen Zersetzung sehr verschiedene Formen beobachtet werden, und dass man andererseits bei ganz verschiedenen Zersetzungen dem Anschein nach durchaus gleiche Spaltpilze findet. Ferner gehen Substanzen, welche in der Natur nicht in solcher Weise vorkommen, dass sie zerlegt werden können, unter dem Einfluss von häufig vorkommenden Spaltpiltzen, sofort Gährungen ein, für die doch specifische Spaltpilze unmöglich existirt haben können. Endlich ist es möglich, die Wirkungsweise eines Pilzes

in eine andere künstlich umzuwandeln. Man kann den säurebildenden Spaltpilzen durch verschiedene Behandlung (Erwärmen, Austrocknen, Züchten in schlechterer Nährlösung) das Vermögen, Säure zu bilden, ganz oder theilweise nehmen, so dass sie eine zuckerhaltige Nährlösung nur noch schwach sauer machen oder dieselbe auch vollkommen neutral lassen. Man kann dann diesen umgestimmten Formen durch Kultur das ursprüngliche Vermögen wieder anzüchten. Spaltpilze, welche die Milch sauer machen, verlieren dies Vermögen in einer zuckerhaltigen Fleischextractlösung so sehr, dass sie wiederholt in Milch umgezüchtet, in dieser zuerst ammoniakalische Zersetzung verursachen und erst vielleicht nach 100 oder mehr Generationen die Fähigkeit, Säure zu bilden, sehr langsam wiedergewinnen. — NÄGELI giebt seine Anschauung über das muthmassliche Verhalten der Spaltpilze, die nach dem Vorstehenden ausserordentlich viel Wahrscheinliches hat, mit folgenden Worten:[7]

Nägeli's Anschauungen über die Anpassung der Spaltpilze.

Jede der wirklichen Spaltpilzspecies kann nicht blos als Mikrokokkus und als Bacterium, als Vibrio und als Spirillum auftreten, sondern sie kann auch Milchsäurebildung, Fäulniss und verschiedene Formen der Erkrankung bewirken. Jede Species hat das Vermögen, sich ungleichen äusseren Verhältnissen anzupassen und demgemäss in verschiedenen morphologisch und physiologisch eigenthümlichen Formen aufzutreten. Die Anpassung oder Acclimatisation kann eine mehr oder weniger vollkommene, eine mehr oder weniger dauerhafte sein, je nach der Zeit und den wirkenden Ursachen.

Es ist denkbar, dass die Spaltpilze durch den Umstand, dass sie während vieler Generationen die gleichen Nährstoffe aufnehmen und die gleiche Gährwirkung ausüben oder auch keine Gährung zu vollbringen Gelegenheit finden, einen mehr oder weniger ausgesprochenen Character der Anpassung erhalten, — dass sie morphologisch irgend eine bestimmte Form (Miccrococcus, Bacterium etc.) bevorzugen und dass sie auch physiologisch für die eine oder andere Zersetzung tauglicher werden.

Es würden sich dann also Formen von ungleich starkem Gepräge und ungleicher Constanz ausbilden, die den verschiedenen äusseren Bedingungen entsprechen. Der nämliche Spaltpilz würde einmal in der Milch leben und Milchsäure bilden, dann auf Fleisch und hier Fäulniss bewirken, später im Wein und daselbst Gummi erzeugen, nachher in der Erde ohne Gährung hervorzubringen, endlich im menschlichen Körper, um hier bei irgend einer Erkrankung sich zu betheiligen. Er würde an jedem Orte seine Natur den neuen Verhältnissen nach und nach anpassen, und es würde daraus eine mehr oder weniger geänderte Constitution mit grösserer oder geringerer Beständigkeit hervorgehen. Er würde, auf eine neue Wohnstätte gelangend, je nach dem Grad der früheren Anpassung einer grösseren oder geringeren Zahl von Generationen bedürfen, bis er hier heimisch geworden wäre, oder er würde bei sehr weit fortgeschrittener Accomodation auch ganz zu Grunde gehen. Er würde auf einem Boden, der zu verschiedener Zersetzung gleich sehr geneigt ist, diejenige bewirken, welche seiner durch die vorausgehende Lebensweise erlangten Natur am meisten entspricht. Spaltpilze, die häufig ihre Wohnstätte wechseln, würden selbstverständlich einen unbestimmten Character behalten und gleich gut geeignet sein, verschiedene Formen anzunehmen und verschiedene Gährungen zu erregen.

Wernich schliesst sich den Nägeli'schen Anschauungen im Ganzen an, indem er folgende Fragen, welche für die Anerkennung einer Specificität den Organismen durchaus in bejahendem Sinne beantwortet werden müssten, auf Grund seiner Versuche sämmtlich verneint: 1) Behalten die Zersetzungserreger überall da, wo sie überhaupt gedeihen, ihre Formen bei, in der Weise dass immer die folgende Generation genau so aussieht, wie die andern? 2) Consumiren und assimiliren sie die ihnen dargebotenen Nährstoffe oder den Nährboden selbst immer nach den gleichen Gesetzen? 3) Secerniren sie stets dieselben Produkte, wo sie überhaupt in eine Wechselwirkung eintreten? — Vielleicht kann indess nach Wernich eine fortwährende Gewährung der günstigsten Nährmedien eine Specificität der Organismen hervortreten lassen[3]); vgl. hierüber weiter unten. —

Verhältniss der Fermentwirkuungen zu den Mikroorganismen.

Was das Verhältniss der im Anfang dieses Capitels beschriebenen Gährungs- und Fäulnissvorgänge zu den kennen gelernten Organismen betrifft, so ist als feststehend anzunehmen, dass eine Reihe der intensivsten Zersetzungsvorgänge nur unter dem Einfluss lebender Mikroorganismen vor sich gehen. Auch durch die oben erwähnten nicht organisirten, isolirbaren Fermente sind zwar tiefgreifende Umsetzungen zu bewirken; häufig scheinen sie namentlich die nächste Umwandlung, organischer, dem Lebenseinfluss entzogener Stoffe zu veranlassen und dadurch den Organismen den Boden zu bereiten; an den weiteren Zersetzungen, namentlich auch an der Fäulniss, scheinen aber Mikroorganismen stets in thätigster Weise betheiligt zu sein.

Wechselwirkung zwischen Mikroorganismen und ihren Nährmedien.

Man hat ferner betont, dass die Mikroorganismen nur durch Producirung eines Fermentes jene Zersetzungen hervorrufen können, dessen Isolirung und Trennung vom lebenden Organismus nur noch nicht gelungen sei. Es fehlen jedoch für viele Fälle bisher bestimmte Anhaltspunkte, welche die Producirung und Absonderung eines Fermentes als etwas für die tiefgreifende Veränderung des Nährmediums durchaus Nothwendiges ansehen lassen. Vielmehr erscheinen die Wirkungen der Mikroorganismen auf das Nährsubstrat häufig nur als Ausdruck ihrer Ernährung, ihres Stoffwechsels und ihrer Vermehrung. Es besteht eine innige Wechselbeziehung zwischen nährendem Medium und Organismus, die je nachdem die vorhandenen Lebensbedingungen dem Organismus mehr oder weniger adäquat sind, zu einer beschränkten Vermehrung der Organismen und dann geringen, kaum merkbaren Veränderung des Nährsubstrats führen, oder aber zu enormer, raschester Vermehrung und dann gleichzeitig zu totaler Zersetzung des Mediums, so dass die Consumption der Nährstoffe den Tod der Organismen bewirkt und ein nicht mehr adäquates Medium mit völlig anderen Eigenschaften zurückbleibt.

Die Wechselbeziehung zwischen Medium und Organismus lässt sich nach Wernich in gewissem Grade künstlich modificiren. Durch bestimmte Verschlechterung

der Lebensbedingungen wird die Reproductionsfähigkeit der Mikroorganismen in der Weise herabgesetzt, dass sie auch bei der Verpflanzung auf den günstigsten Nährboden sich erst nach längerer Zeit wieder vollständig erholen. Dagegen vermag eine systematische Züchtung auf immer vorzüglichem Nährboden unter stetiger, ungestörter Einwirkung der adäquatesten Flüssigkeiten und Aussenbedingungen und die sorgfältige Auswahl der entwickelten Exemplare für die Verpflanzung die Kraft des Organismus zu steigern. Der Mikroorganismus verkürzt dann seine Incubationszeit und consumirt das Nährmedium mit grösserer Lebhaftigkeit; ausserdem steckt er auf der Höhe einer solchen besonders begünstigten Entwicklung durch die flüchtigsten und jeder Controle entzogenen Berührungen noch uninficirte aber empfängliche Nährböden an; und ferner wird er auch anderen, ihm sonst weniger adäquaten und kaum zugänglichen Medien gegenüber selbständiger, indem er sie immer bereitwilliger ergreift und auch an ihnen seine gestärkte Specificität zur Geltung bringt.[9]

Systematische Züchtung der Organismen.

II. Untersuchung auf Fermente und Mikroorganismen.

A. Der directe Nachweis der nicht organisirten Fermente stösst auf grössere Schwierigkeiten, da dieselben nur durch sehr complicirte Methoden rein darzustellen sind und da es meist an charakteristischen Reactionen fehlt, durch die ihre Anwesenheit in einem Gemenge anderer Stoffe erkannt werden kann. Uebrigens ist ein solcher directer Nachweis im hygienischen Interesse kaum erforderlich.[10] —

Untersuchung auf nicht organisirte Fermente.

Als allgemeines Reagens auf Fermente (organisirte und nicht organisirte) ist von Schönbein das Wasserstoffsuperoxyd empfohlen. Die kleinste Spur Wasserstoffsuperoxyd in einer Flüssigkeit giebt sich bekanntlich dadurch zu erkennen, dass sie das zu prüfende, mit frisch bereiteter Guajaktinctur bis zur milchigen Trübung versetzte und dann mit 8—10 Tropfen eines in der Kälte bereiteten, etwas concentrirten, wässrigen Malzauszugs vermischte Wasser aufs deutlichste blau färbt. Alle fermentartigen Substanzen haben nun die Eigenschaft, das Wasserstoffsuperoxyd zu katalysiren (in Wasser und Sauerstoff zu zerlegen [1]). Fügt man daher bei der obigen Probe etwas fermentartige Substanz (Hefe, Mandelmilch) hinzu, so bleibt die Blaufärbung aus. — Indess kommt dem Platin, den rothen Blutkörperchen etc. dieselbe Wirkung wie den Fermenten zu.

Wasserstoffsuperoxyd als Reagens auf Fermente.

Indirect lassen sich die Fermente an den Producten der Gährung und Fäulniss erkennen. Die Zersetzungsproducte bei den verschiedenen specifischen Gährungen sind meist leicht nachzuweisen, aber ohne besonderes hygienisches Interesse. — Kurz erwähnt sei hier der Nachweis der wichtigsten Fäulnissproducte. Die Reactionen und die Bestimmung der Peptone, des Ammoniaks, der Kohlensäure, des Schwefelwasserstoffs sind bereits früher besprochen; ausserdem kommen namentlich Leucin, Tyrosin, Indol, Skatol, Phenol in Betracht. Leucin krystallisirt aus dem alkoholischen Extract des in üblicher Weise mit Bleiessig, Schwefelwasserstoff etc. be-

Fäulnissproducte als Symptome der Fäulniss.

Leucinnachweis.

handelten Flüssigkeit in Kugeln und Knollen, die folgende Reactionen geben: 1) Man verdampft eine kleine Portion mit Salpetersäure auf Platinblech; bestand die Probe aus Leucin, so bleibt ein ungefärbter, fast unsichtbarer Rückstand, der mit einigen Tropfen Natronlauge erwärmt, je nach der Reinheit des Leucins sich gelb bis braun färbt, und beim weiteren Concentriren durch Erhitzen über der Flamme sich bald zu einem ölartigen, auf dem Platinblech ohne Adhäsion herumrollenden Tropfen zusammenzieht. 2) Eine Probe wird im trockenen Probirglase über der Flamme erhitzt. Besteht dieselbe aus Leucin, so schmilzt sie unter Entwicklung eines in öligen Tropfen sich abscheidenden Körpers und Geruch nach Amylamin. 3) Eine Probe löst man in wenig Bleizuckerlösung unter Erwärmen; zur abgekühlten Lösung fügt man Aetzammoniak und erhält, wenn die Probe aus Leucin bestand, Abscheidung aus glänzenden Krystallblättchen, die aus Leucinbleioxyd bestehen. Aus dieser Verbindung lässt sich das Leucin sehr rein gewinnen und charakterisirt sich dann besonders durch seine Sublimation in wolligen Massen (wie Zinkoxyd). Tyrosin bleibt in dem Rückstande, wenn man zur Extraction des Leucins kochenden Alkohol angewandt hat; es kann aus kochendem Wasser oder ammoniakalischer Lösung umkrystallisirt werden und giebt dann folgende Reactionen: 1) Man übergiesst eine kleine Probe im Probirglase mit etwas Wasser, fügt einige Tropfen einer Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd hinzu, erhitzt und erhält einige Zeit im Sieden. Ist Tyrosin vorhanden, so färbt sich die Flüssigkeit schön rosenroth und giebt später einen rothen Niederschlag (Hoffmann's Probe). 2) Man übergiesst eine kleine Probe mit ein paar Tropfen concentrirter Schwefelsäure, erwärmt einige Zeit mässig, versetzt nach dem Erkalten die Lösung mit etwas Wasser und trägt kohlensauren Baryt so lange ein, als Aufbrausen erfolgt, filtrirt, dampft ein, und versetzt mit ein paar Tropfen neutraler Eisenchloridlösung. Ist Tyrosin vorhanden, so zeigt sich eine violette Färbung der Flüssigkeit (Piria's Probe).[11] — Indol wird erhalten, wenn man nach dem Ausfällen der Eiweissstoffe $^3/_4$ abdestillirt, filtrirt, mit Kalkhydrat alkalisch macht und mit dem gleichen Volum Aether ausschüttelt; die erhaltene Lösung hinterlässt nach dem Abdestilliren ein röthliches Oel mit dem charakteristischen Indolgeruch. Dieses Oel mit wenig Wasser versetzt, erstarrt nach einiger Zeit krystallinisch und ist aus reinem Wasser umkrystallisirt reines bei 52° schmelzendes Indol. Versetzt man das Destillat mit genügender Menge rauchender Salpetersäure, so scheidet sich rothes salpetersaures Nitrosoindol ab. Indol färbt einen mit Salpetersäure befeuchteten Fichtenspahn kirschroth.[12] — Skatol scheidet sich zuerst aus, wenn man das mit Natronlauge neutralisirte Destillat mit Aether ausschüttelt, den Aether verdunsten lässt und den Rückstand aus heissem Wasser umkrystallisirt. Es bildet gezähnelte weisse Blättchen von intensivem fäcalen Geruch, ist in Wasser schwerer löslich als Indol, schmilzt bei 93,5°, giebt mit Chlorwasser keine Färbung und mit rother rauchender Salpetersäure keinen rothen Niederschlag wie Indol, sondern eine weissliche Trübung.[13] — Die wichtigsten Phenolreactionen sind folgende: 1) Bromwasser, im Ueberschuss zu einer verdünnten wässrigen Phenollösung zugesetzt, erzeugt sogleich einen gelblich weissen, flockigen Niederschlag von Tribromphenol.[14] 2) Die kleinsten Spuren von Carbolsäure geben mit einer Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxydul, die Spuren von salpetriger Säure enthält, eine intensiv rothe Färbung der Flüssigkeit (Plugge).[15] 3) Eine Eisenchloridlösung, die möglichst wenig freie Salzsäure enthält, giebt mit Phenol Violettfärbung. (Dieselbe Färbung giebt Eisenchloridfärbung mit allen aromatischen stickstofffreien Verbindungen, die freie Phenolhydroxyle enthalten.)[16] 4) Man setzt zu der zu prüfenden Flüssigkeit $^1/_4$ Volum Ammoniak, dann einige Tropfen Chlorkalklösung (das Filtrat von 1 Theil

Nachweis von Tyrosin.

Darstellung des Indols.

Nachweis des Skatols.

Qualitative Reactionen u. quantitative Bestimmung des Phenols.

Chlorkalk auf 20 Theile Wasser) und erwärmt gelinde, nicht bis zum Kochen; bei stärkerem Gehalt an Carbolsäure tritt dann sofort, bei geringerem nach $^1/_4$ Stunde Blaufärbung ein (LEX-SALKOWSKI).[17] — Die quantitative Bestimmung kann volumetrisch erfolgen, indem man zunächst eine bekannte überschüssige Menge titrirtes Bromwasser zusetzt und dann den Ueberschuss an Brom mittelst Jodkalium und unterschwefligsaurem Natron ermittelt.[18] —

B. Untersuchung der Mikroorganismen. Soll irgend ein Object mikroskopisch auf das Vorhandensein kleinster Organismen geprüft werden, so kann vor allem nicht Vorsicht genug auf die Probenahme verwandt werden. Man muss sich bewusst sein, dass die Ubiquität der Organismen eine kaum vermeidbare Fehlerquelle bildet; die Methoden, welche darauf ausgehen, so viel als möglich eine zufällige Verunreinigung der Probe auszuschliessen, sind bereits früher in den Capiteln Luft, Boden, Wasser, ausführbar erörtert. — Ausserdem hat die mikroskopische Untersuchung der Proben nur dann auf Erfolg zu rechnen, wenn besondere Mittel angewendet werden, um zunächst die Form der Organismen deutlich zu conserviren, und dieselben ausserdem von nicht organisirten, aber äusserlich oft sehr ähnlichen, Beimengungen mit Sicherheit unterscheiden zu können. Hierzu ist es erforderlich, der directen mikroskopischen Beobachtung vor allem noch eine Prüfung der Entwicklungsfähigkeit der gefundenen Organismen folgen zu lassen; ein solcher Nachweis wird theils durch fortgesetzte mikroskopische Beobachtungen, theils durch die bacterioskopische Methode, durch Züchtung der Organismen in besonders hergerichteten Culturapparaten, geführt. — *Untersuchung auf Mikroorganismen.*

I. Um die Ausbildung einer Methodik für die mikroskopische Untersuchung der Mikroorganismen hat in neuerer Zeit namentlich KOCH die grössten Verdienste erworben; die allgemein anerkannten von ihm gegebenen Vorschriften zur Herstellung mikroskopischer Präparate von Mikroorganismen sind folgende:[19] Das von KOCH angewandte Verfahren besteht kurz zusammengefasst darin, dass die bacterienhaltige Flüssigkeit in sehr dünner Schicht auf dem Deckglas eingetrocknet wird, um die Bacterien in einer Ebene zu fixiren, dass diese Schicht mit Farbstoffen behandelt und wieder aufgeweicht wird, um die Bacterien in ihre natürliche Form zurückzuführen und deutlicher sichtbar zu machen, dass das so gewonnene Präparat in conservirende Flüssigkeiten eingeschlossen und schliesslich zur Herstellung von naturgetreuen Abbildungen photographirt wird. *1) Feststellung des Momentanbefundes.* *Koch's Methode zur Herstellung mikroskopischer Bacterienpräparate.*

Die einzelnen Theile dieses Verfahrens sind folgende:

1. Eintrocknen. Nachdem man sich vorher durch Untersuchung einer Flüssigkeit über ihren Gehalt an Bacterien, über die Form der letzteren und ihre Bewegungen in gewöhnlicher Weise orientirt hat, nimmt man mit der Spitze eines Skalpells ein Tröpfchen der Flüssigkeit, z. B. faulendes Blut, Zahnschleim, die oberste Schicht von faulenden Infusionen *Eintrocknen;*

u. dergl. und breitet dasselbe durch einige kreisförmige Bewegungen zu einer runden, etwa einer halben Centimeter breiten möglichst dünnen Schicht aus. Man legt das Deckgläschen hierauf zweckmässiger Weise auf einen hohlen Objectträger und untersucht das Tröpfchen nochmals, ob es auch die früher beobachteten Formen in grösserer Zahl enthält. Je consistenter die Flüssigkeit ist, um so kleiner muss das Tröpfchen genommen werden und es ist dann vortheilhaft die Masse strichförmig auf das Deckglas zu bringen.

Die Substanz ist stets in einer so dünnen Schicht auszubreiten, dass die Bacterien, Blutkörperchen etc. sich nicht decken, sondern von einander durch kleinere oder grössere Zwischenräume getrennt liegen. Je dünner die Schicht geworden ist, um so schneller trocknet sie natürlich ein. Gewöhnlich ist das Präparat schon nach wenigen Minuten zur weiteren Bearbeitung fertig. Eiweisshaltige Flüssigkeiten, namentlich Blut, lässt man etwas länger, womöglich einige Stunden trocknen. So zubereitete Deckgläschen kann man indessen auch Wochen und selbst Monate lang, nur vor Staub geschützt, aufbewahren, ohne dass sich die ausgetrockneten Bacterien verändern.

Einen weiteren Vortheil gewährt das schnelle Eintrocknen dadurch, dass in der Zeit von der Entnahme der Flüssigkeit bis zu der Untersuchung derselben ein Entwickeln oder Eindringen fremder Bacterienarten, wie es bei anderen Untersuchungsverfahren gewiss schon vorgekommen ist, hier unmöglich ist.

Fast die einzigen auffallenden Veränderungen, welche durch das Eintrocknen die Form der Mikroorganismen erleidet, bestehen in der Abplattung der kuglichen, gelappten oder verzweigten Zoogloeamassen und in der Verwandlung schraubenförmiger Körper in eine Wellenlinie. Dieser Uebelstand lässt sich indessen dadurch leicht vermeiden, dass man sofort, nachdem die letzte Spur von sichtbarer Feuchtigkeit vom Deckglas verschwunden ist, das Präparat in der später anzugebenden Weise wieder aufweicht.

Aufweichen u. Färben der Präparate.

2. Aufweichen und Färben. Der zweite Abschnitt des Verfahrens besteht in dem Aufweichen und Färben der getrockneten Bacterienschicht.

Bringt man ein mit getrockneter Bacterienschicht versehenes Deckglas in destillirtes Wasser oder Glycerin, dann löst sich die Schicht schnell auf und wird vom Glase fortgeschwemmt. Für sich allein genommen sind daher diese Flüssigkeiten zur weiteren Präparation der Bacterienschicht nicht zu gebrauchen.

Durch Einlegen des Gläschens in absoluten Alkohol, noch besser in eine Lösung von Chromsäure (0,5 %) lässt sich die Schicht unlöslich in Wasser und Glycerin machen, aber eine unerwünschte Nebenwirkung dieser erhärtenden Flüssigkeit besteht darin, dass die Schleimhülle der Bacterien nicht mehr aufquillt und deswegen die Bacterien fest am Glase angepresst, oder in die coagulirte Grundsubstanz eingebettet, ihre natürliche Gestalt nicht wieder annehmen können. Als ein Mittel, um die Schicht wieder aufzuquellen, ohne dass sie sich vom Glase ablöst, hat

sich KOCH eine Lösung von essigsaurem Kali erwiesen. Die Bacterien nehmen in derselben vollkommen ihre ursprüngliche Form wieder an, werden aber blasser und durchsichtiger, als sie waren. Eine weitere vortreffliche Eigenschaft der Lösung von essigsaurem Kali ist die, dass, nachdem die Bacterien aufgequollen sind, sie sich in derselben nicht weiter verändern. Man kann daher diese Flüssigkeit zum Conserviren des Präparates verwenden und letzteres sofort verkitten. In den meisten Fällen, namentlich wo es sich um die kleinsten Formen handelt, werden indessen die Bacterien zur genaueren Untersuchung und zum Photographiren zu blass und es ist dann nothwendig, sie durch Farbstoffe deutlicher zu machen.

Von allen Farbstoffen eignen sich die Anilinfarbstoffe am meisten zur Färbung der Bacterien.

Letztere nehmen die Anilinfarben mit einer solchen Sicherheit, so schnell und so reichlich auf, dass man diese Farben als Reagens zur Unterscheidung der Bacterien von krystallinischen und amorphen Niederschlägen, auch von feinsten Fetttröpfchen und anderen kleinsten Körpern benutzen kann. Ausserdem wirken die Anilinfarben in ihren wässrigen Lösungen ganz ähnlich wie das essigsaure Kali, indem sie die Schicht aufweichen, aber nicht vom Glase ablösen. Am besten färben die in Wasser löslichen Methylviolett und Fuchsin; die übrigen, namentlich Safranin, Gelb, Eosin, Orange, Methylgrün, Jodgrün, Blau färben nicht so kräftig und sind auch nicht so beständig.

Zur Färbung setzt man von einer concentrirten spirituösen Lösung des Methylviolet oder Fuchsin einige Tropfen zu 15—30 gr destillirten Wassers, so dass sich letzteres intensiv färbt; hiervon bringt man mit einer kleinen Pipette einige Tropfen auf die zu färbende Bacterienschicht und hält die Flüssigkeit auf dem Deckglas durch Drehen desselben in beständiger Bewegung. Nach einigen Secunden wird das Deckglas so schräg gehalten, dass die Anilinlösung an den Rand fliesst und die Bacterienschicht frei wird. An der mehr oder weniger blauen Farbe der letzteren erkennt man dann leicht, ob sie schon genügend gefärbt ist, oder nicht; in letzterem Falle lässt man die Farbe von Neuem darüber hinfliessen, bis die gewünschte Färbung erreicht ist. Nach einiger Uebung wird man bald die Concentration der Anilinlösung und die Dauer der Färbung für die verschiedenen Objecte richtig beurtheilen lernen. Wenn die Anilinlösung zu schwach ist, löst sich die Bacterienschicht vom Glase ab; ist sie zu stark, dann färbt sich die Grundsubstanz, welche die Bacterien umgiebt, zu stark, und letztere heben sich zu wenig von ihrer Umgebung ab.

In einem gelungenen Präparate muss nach der Färbung die Grundsubstanz

(d. h. der Rückstand der verdunsteten Flüssigkeit) kaum zu bemerken, die Bacterien dagegen müssen kräftig gefärbt sein. Die grösseren Formen färbt man weniger stark, so dass Sporenbildung, Gliederung, körnige Beschaffenheit des Inhalts nach gut zu erkennen ist.

Sobald der richtige Grad von Färbung erreicht ist, wischt man die Anilinlösung vom Rande des Deckglases oder saugt sie mit Fliesspapier möglichst vollständig weg, oder man spült sie mit destillirtem Wasser oder einer verdünnten Lösung von essigsaurem Kali (1 : 10) fort. Auch hierin verhalten sich die einzelnen Präparate verschieden; manche vertragen das Abspülen mit destillirtem Wasser, andere wieder nicht.

Die Färbung mit Anilinbraun ist von der eben beschriebenen mit Methylviolett und Fuchsin etwas verschieden. Da die mit Braun gefärbten Präparate in der Lösung von essigsaurem Kali die Farbe verlieren, dagegen die Aufbewahrung in Glycerin vertragen, so bedeckt man sie gleich von vorn herein mit einem Tropfen einer concentrirten Lösung von Anilinbraun in gleichen Theilen von Glycerin und Wasser, welche von Zeit zu Zeit filtrirt werden muss und lässt einige Minuten stehen. Alsdann haben die Bacterien sich genügend gefärbt und es kann die Farbstofflösung mit reinem Glycerin abgespült werden.

Eiweisshaltige Substanzen, wie Blut, Eiter und dergl., welche sich mit den wässerigen Lösungen des Methylviolett und Fuchsin nur schlecht färben lassen, geben mit in Glycerin gelöstem Braun ganz vorzügliche Präparate, welche sich auch besonders gut zum Photographiren eignen.

Conserviren u. Photographiren der Präparate.

3) Conserviren. Zum Conserviren der so gefärbten Präparate kann man Canadabalsam, concentrirte Lösung von essigsaurem Kali oder Glycerin verwenden.

Zum Einlegen in Canadabalsam eignen sich nur die mit Methylviolett und Fuchsin gefärbten Präparate. Man lässt sie nach der Entfernung der Färbeflüssigkeit eine viertel bis eine halbe Stunde liegen, so dass sie wieder vollkommen trocken geworden sind und kann sie dann in gewöhnlicher Weise in Canadabalsam einlegen. Diese Präparate sind sehr dauerhaft, eignen sich aber nicht zum Photographiren.

Mit Methylviolett und Fuchsin gefärbte Präparate müssen, wenn sie zum Photographiren benutzt werden sollen und wenn man die Bacterien in möglichst natürlicher Form erhalten will, in eine Lösung von essigsaurem Kalk (1 : 2) und zwar unmittelbar nach Entfernung der Farbstofflösung noch feucht eingelegt und mit einem der gewöhnlich gebrauchten Kitte geschlossen werden.

Glycerin kann man zum Einlegen nicht gebrauchen, da es die Farbe auszieht. Für die mit Anilinbraun gefärbten Präparate ist dagegen Glycerin die beste Flüssigkeit zum Conserviren.

4. Photographiren. Das Photographiren der Bacterien unterscheidet sich von demjenigen anderer mikroskopischer Gegenstände nicht wesentlich. Die Bacterien sind allerdings als sehr kleine blasse Körper nicht ganz leicht zu photographiren. Doch gestatten die nach dem beschriebenen Verfahren angefertigten Präparate, weil

die zu photographirende Schicht sich unmittelbar unter dem Deckglase befindet, die Anwendung der stärksten Immersionssysteme.

Das Photographiren bietet noch besondere Vortheile weil die photographische Platte überhaupt das mikroskopische Bild besser oder vielmehr sicherer wiedergiebt, als es die Netzhaut des Auges zu empfinden vermag.

Die lichtempfindliche Platte ist gewissermassen ein Auge, welches nicht durch helles Licht geblendet wird, welches nicht bei der anhaltenden Unterscheidung der geringsten Lichtunterschiede ermüdet und das nicht durch Glaskörpertrübungen oder andere Fehler behindert wird. Oft findet man auf dem Negativ, wenn das Bild nur scharf eingestellt gewesen war, feine Objecte, z. B. feinste Geiselfäden, welche man nachträglich nur mit äusserster Mühe und unter den günstigsten Beleuchtungsverhältnissen im Mikroskop erblicken kann.

Ueber die Ausführung siehe die unten citirten Lehrbücher der Mikrophotographie.[20]

Behandlung thierischer Gewebe behufs Untersuchung auf Mikroorganismen.

Zur Untersuchung thierischer Gewebe kann man namentlich die grosse Widerstandsfähigkeit der Bacterien gegen Säuren und Alkalien benutzen; ferner sind auch hier Färbungsmethoden anzuwenden, und zwar eignen sich besser als das früher viel gebrauchte Hämatoxylin, welches die stäbchenförmigen Bacterien gar nicht und die kugelförmigen zu schwach färbt, Anilinfarben wie Methylviolett, Fuchsin, Anilinbraun etc. Das Verfahren ist nach Koch[21] dabei so, dass man die Untersuchungsobjecte in Alkohol härtet und die daraus gefertigten Schnitte in einer ziemlich starken wässrigen Lösung von Methylviolett längere Zeit liegen lässt. Die Schnitte werden dann mit verdünnter Essigsäure behandelt, mit Alkohol entwässert, in Nelkenöl aufgehellt und in Canadabalsam eingelegt. Dabei ist ein zu langes Einwirken der Essigsäure, sowie ein zu langes Verweilen der Schnitte in Alkohol und Nelkenöl zu vermeiden. — In solchen Präparaten findet man dann nur die Kerne der Zellen und die Bacterien gefärbt. — Um diese gefärbten Massen deutlich zu sehen, würde es am vortheilhaftesten sein, wenn man ein reines Farbenbild vor sich hätte, d. h. wenn Canadabalsam und Gewebe von ganz gleichem Brechungsvermögen wären und in Folge dessen von dem Gewebe gar nichts, die Bacterien aber nur vermöge ihrer Färbung zu sehen wären. Nun differiren aber für gewöhnlich die verschiedenen Theile des Gewebes in ihrem Lichtbrechungsvermögen vom Canadabalsam und erzeugen durch Diffraction der durchgehenden Lichtstrahlen ein aus Linien und Schatten bestehendes Structurbild, welches das Farbenbild verdeckt. Es muss demnach wo möglich angestrebt werden, die Diffractionserscheinungen und das Structurbild möglichst zum Verschwinden zu bringen; und dies ist möglich durch Anwendung eines passenden Beleuchtungsapparats.

Färbung der Präparate.

Beleuchtung mit dem Abbé'schen Beleuchtungsapparat.

Betrachtet man ein mikroskopisches Präparat bei einer Beleuchtung mit zuerst schmalem und dann immer breiter werdendem, aber immer gleichlangem, Lichtkegel, so verschwinden die Diffractionserscheinungen und das Structurbild, welche bei engster Blende am intensivsten waren, allmählich immer mehr; und in demselben Maasse, in dem das Structurbild abnimmt, wird das Farbenbild intensiver und schärfer. Es

muss daher wo möglich ein Beleuchtungskegel von so grosser Oeffnung zur Beleuchtung verwandt werden, dass die Diffractionserscheinungen gänzlich zum Verschwinden gebracht werden. Ein Instrument, welches diesen Zweck vollständig erreicht, hat Koch in dem von Abbe angegebenen und von Zeiss angefertigten Beleuchtungsapparat gefunden. Derselbe besteht aus einer Linsencombination deren Brennpunkt nur einige Millimeter von der Frontlinse entfernt ist. Wenn die combinirte Beleuchtungslinse also in der Oeffnung des Mikroskoptisches und zwar ein wenig tiefer als die Tischebene sich befindet, dann fällt der Brennpunkt mit dem zu beobachtenden Object zusammen und letzteres erhält in dieser Stellung die günstigste Beleuchtung. Der Oeffnungswinkel der ausfahrenden Strahlen ist so gross, dass die äussersten derselben in einer Wasserschicht fast 16° gegen die Axe geneigt sind, der gesammte wirksame Lichtkegel demnach eine Oeffnung von 120° also eine grössere Oeffnung als irgend ein anderer Condensor besitzt. Die Lichtstrahlen werden dem Linsensystem durch einen Spiegel, der nur um einen festen Punkt in der Axe des Mikroskops drehbar ist, zugeführt. Zwischen Spiegel und Linse, nahe dem Brennpunkte des ersteren befindet sich ein Träger für Blenden, die ausserdem seitlich und kreisförmig beweglich sind, so dass der beleuchtende Strahlenkegel in jeder beliebigen Weise verändert werden kann. Durch mehr oder weniger grosse Blendenöffnung wird auch die Oeffnung des Strahlenkegels von der kleinsten bis zur grössten mit der Beleuchtungslinse überhaupt zu erzielenden modificirt. Seitliche Verschiebung der Blendenöffnung giebt ohne Bewegung des Spiegels schiefe Beleuchtung und mit Hülfe einer centralen Abblendung kann der mittlere Theil des Kegels ausgeschaltet werden.

Fernere Cautelen der Untersuchung auf Mikroorganismen.

Obwohl nun die Anilinfärbung und der Abbe'sche Beleuchtungsapparat so bedeutend die Untersuchung auf pathogene Bacterien erleichtern, so sind damit doch nicht ohne Weiteres alle Schwierigkeiten beseitigt und alle Fehlerquellen ausgeschlossen. Es gehört im Gegentheil eine nicht geringe Uebung dazu, ehe man im Stande ist, diese ausgezeichneten Hülfsmittel zu verwerthen. Auf einige der hier in Frage kommenden Schwierigkeiten macht Koch in folgenden Worten aufmerksam:

Da auch einzelne Bacterien dem beobachtenden Auge nicht entgehen, so ereignet es sich nicht selten, dass man auf solche vereinzelte Bacterien stösst, die aus den beim Färben, Auswaschen etc. gebrauchten Flüssigkeiten stammen. Denn selbst das destillirte Wasser ist fast niemals frei von Bacterien. Aber sehr bald lernt man diese Bacterienformen von anderen unterscheiden und erkennt sie sofort als zufällige Verunreinigung.

Ferner ist jedesmal, wenn einzelne Bacterien nur in den oberflächlichen Schichten von Organen gefunden werden, zu vermuthen, dass es sich um beginnende Fäulniss handelt. Auch die bei der Fäulniss auftretenden Bacterien, im Beginn gewöhnlich grosse Bacillen, sind so charakteristisch, dass sie mit den pathogenen Bacterien nicht leicht zu verwechseln sind. Dennoch ist es besser Objecte, in denen sich schon Fäulnissbacterien eingefunden haben, nur mit Reserve oder noch richtiger gar nicht zu benutzen. Um jeden Einwand von Verwechslung mit

Fäulnissbacterien auszuschliessen und um nicht zu der Meinung Veranlassung zu geben, dass in Anordnung und Zahl der pathogenen Bacterien nach dem Tode noch Veränderungen eingetreten sein könnten, zieht man zweckmässig nur solche Objecte zur Untersuchung, die unmittelbar nach dem Tode des Versuchsthieres, nur in wenigen Fällen einige Stunden nach dem Tode in absoluten Alkohol gelegt wurden. In den in dieser Weise gewonnenen Präparaten findet man niemals Fäulnissbacterien. Dagegen vermisst man sie selten in menschlichen Leichentheilen, trotzdem die Section 15—20 Stunden nach dem Tode gemacht war.

Handelt es sich darum jede Verwechslung der Bacterien mit thierischen Gewebstheilen auszuschliessen oder kommt es darauf an, die Menge und Vertheilung der Bacterien in einem Organ übersichtlich zu machen, dann kann noch ein besonderes Verfahren zur Verwendung kommen. Werden nämlich nach der Anilinfärbung die Schnitte anstatt mit Essigsäure mit einer schwachen Lösung von kohlensaurem Kali behandelt, dann verlieren auch die Kerne und Plasmazellen, überhaupt alles thierische Gewebe den Farbstoff wieder und die Bacterien bleiben ganz allein gefärbt. Grosse Schnitte, in denen in der eben angegebenen Weise nur die Bacterien gefärbt sind, gewähren ausgezeichnete und ganz überraschende Uebersichtsbilder.

Zur Differential-Diagnose dieser kleinsten Organismen ist ferner noch Folgendes zu berücksichtigen. „Formen, deren Dicke 1 Mikromillim. nicht überschreitet, sind im Allgemeinen nicht von unorganisirten Körpern gleicher Grösse und Gestalt zu unterscheiden. Krystallinische feinkörnige Niederschläge, organische körnige Ausscheidungen (z. B. Caseinkörnchen), feine Krystallnädelchen werden oft für Schizomyceten angesehen. Krystallinische Bildungen sind zuweilen durch ihr Verhalten zum polarisirten Licht gekennzeichnet, indem sie sich als doppelbrechend erweisen, während gleich grosse Organismen einfachbrechend sind. Im Uebrigen giebt es nur wenige Merkmale nach denen man mit einiger Sicherheit Körnchen als Organismen deuten darf: die Bewegung, die Fortpflanzung und die gleichmässige Grösse. Wenn Körnchen fortschreitende Bewegung besitzen und in Folge derselben im Wasser herumschwimmen, so sind es sicher Schizomyceten oder Monaden, während Zitterbewegung (Molecularbewegung) nichts entscheidet. Sind unter vielen Körnchen mehrfach Paare von zusammenhängenden vorhanden, und stehen die Körnchen bald mehr und bald weniger von einander ab, so kann man auf Theilung und somit auf Vermehrung schliessen und zwar mit um so grösserer Sicherheit, je mehr die Körnchen eine genaue kuglige oder ovale Gestalt besitzen, indem die eigentlichen Körnchen (Nichtorganismen) häufig etwas unregelmässig sind. Der nämliche Schluss ist gerechtfertigt, wenn die Körperchen stäbchenförmig und wenn manche derselben durch ihre knieförmigen Biegungen ein Zerfallen in Zwei andeuten. Dabei ist übrigens zu bemerken, dass ein vereinzeltes oder spärliches Vorkommen dieser Erscheinungen nicht zu einem bestimmten Schluss verleiten darf; nur wenn die Theilungserscheinungen häufig vorkommen und dadurch sich als normalen Entwicklungsprocess kundgeben, beweisen sie die Existenz von Organismen. — Zeigen die Körnchen ungleiche Dicke, so kann man sicher sein, dass es keine Spaltpilze sind; es können aber Saccharomyces-

Differential-Diagnose zwischen Organismen u. nicht organisirten Körpern.

zellen sein. Haben dagegen die Körnchen gleiche Dicke so ist der Schluss auf ihre Schizomycetennatur noch nicht erlaubt, da auch körnige Niederschläge dies Verhalten zeigen können". (Aus Nägeli und Schwendener, Das Mikroskop, 2. Aufl. Leipzig 1877, p. 642).

2) Untersuchung auf Mikroorganismen nach vorausgegangener Züchtung.

II. In der grössten Mehrzahl der Fälle wird sich an den einfachen mikroskopischen Befund vorhandener Bacterien noch der Nachweis anzuschliessen haben, dass dieselben entwicklungsfähig sind, und die Art der Reproduction wird wo möglich näher erforscht werden müssen. Dazu dient dann die längere Zeit fortgesetzte Beobachtung eines mikroskopischen Präparats, während man das Object einer Temperatur aussetzt, die zur Züchtung geeignet ist. Eventuell ist Nährlösung zuzusetzen; der Zutritt anderer Bacterien ist möglichst abzuhalten. Die Präparate werden entweder in einer geschlossenen Glaskammer, einer platten Capillarröhre wie sie für mikroskopische Beobachtungen üblich ist, oder auf gewöhnlichem Objectglas bei einer Temperatur von 35° gehalten; im letzteren Falle müssen sie in eine feuchte Kammer gebracht werden, welche aus einer porösen Thonplatte, mit flacher uhrglasartiger Aushöhlung besteht; diese dient zur Aufnahme der Objectgläser und wird mit einer dicht aufliegenden Glasplatte bedeckt; die Thonplatte stellt man dann in ein Gefäss mit Wasser, so dass sie sich vollsaugt, das Präparat dadurch in einer stets mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre erhält und eine Verdunstung des dem Präparat zugesetzten Wassers unmöglich macht. — Die grosse Bedeutung solcher mikroskopischer Culturversuche erhellt aus den Resultaten der Koch'schen Untersuchungen über bacillus anthracis; Figg. 24—27 auf Tafel III stellen die durch mikroskopische Züchtung in humor aqueus bei 35° erhaltene Reproductionsweise dieses bacillus dar, dessen Stäbchen im Blut des todten Thiers und in anderen geeigneten Nährflüssigkeiten zuerst zu Leptothrix-ähnlichen Fäden auswachsen, in denen sich zahlreiche Sporen ausbilden; letztere wachsen dann unter weiter geeigneten Bedingungen wieder zu Bacillen aus.

a) Mikroskopische Culturen.

Zur fortgesetzten Untersuchung von defibrinirtem Blut (und ähnlichen Flüssigkeiten) eignet sich auch die Methode von Salomonsen.[22] Man zieht 60—70 cm lange und 0,5—1 mm weite capillare Glasröhren aus und schmilzt beide Enden zu; zum Gebrauch bricht man die Enden ab und füllt die Röhren durch Saugen mit dem zu untersuchenden Blut; dann befestigt man das Röhrchen auf Cartonpapier mittelst „Coldkit" (erhalten durch Zusammenschmelzen von 8 Thl. Colophonium mit 2½ Th. Wachs und durch Zusatz von so viel Terpentin, dass ein Tropfen der Masse auf einer Glastafel schnell erhärtet), und verschliesst mit dieser Substanz auch die beiden Enden des Röhrchens. Im Laufe der folgenden Tage wird dann mehrfach der Inhalt des Röhrchens mit starker Lupenvergrösserung untersucht; finden sich Zeichen einer stärkeren Veränderung (Fäulnissflecke etc.), so wird die Röhre an der betreffenden Stelle zerschnitten und ein Tropfen zur mikroskopischen Untersuchung gebracht; auf dem Carton selbst können die makroskopisch wahrnehmenden Veränderungen notirt werden.

Meistens wird indess eine Züchtung der gefundenen Organismen im grösseren Massstabe vorgezogen, da bei der Mehrzahl der Organismen die Reproduction im mikroskopischen Präparat zu schwierig zu beobachten ist. Zu dem Zweck wird eine Probe des auf Organismen zu untersuchenden Objects in eine Nährlösung gebracht und nun die Veränderung abgewartet, welche an dem Organismus einerseits, an dem Medium andererseits vor sich geht. Dabei ist natürlich die extremste Vorsicht darauf zu verwenden, dass Gefässe, Nährlösung, Verschluss durchaus frei von zufällig hineingelangten Keimen sind; und dass die Impfung der Nährlösung sicher in einer Weise erfolgt, dass keine anderen Organismen gleichzeitig hineingerathen können. — Als Gefässe benutzt man gewöhnlich Probirgläser; als Nährlösung dient entweder Pasteur's Lösung: 100 Gewichtstheile destillirtes Wasser, 10 Theile reinster Candiszucker, 1 Theil weinsaures Ammoniak, und Asche von 1 Theil Hefe, deren Gewicht etwa 0,075 der Mischung beträgt; oder dieselbe Lösung, nur die Hefenasche durch 0,5 phosphorsaures Kali ersetzt (Buchholtz); oder die Cohn'sche normale Bacteriennährflüssigkeit: 0,1 gr phosphorsaures Kali, 0,1 gr krystallisirtes schwefelsaure Magnesia, 0,01 gr dreibasischphosphorsaurer Kalk auf 20 cc destillirtes Wasser und darin 0,2 gr weinsaures Ammoniak aufgelöst. Ferner kann man auch die Knop'sche Nährsalzlösung (phosphorsaures Kali, schwefelsaure Magnesia, salpetersaurer Kalk oder Chlorcalcium); oder complicirtere Mischungen, z. B. Fleischextractlösungen, Harn, Malz- und Heuinfuse, Hausenblasengallert etc. verwenden.[23] Die letzteren sind wegen ihrer Inconstanz zu systematischen Versuchen nicht geeignet. Als Verschluss, der selbst für Spaltpilze impermeabel ist, benutzt man am besten festgestopfte Watte. — Die Gefässe, die als Culturapparate dienen sollen, werden zunächst mit absolutem Alkohol gereinigt, getrocknet und über einer Gasflamme langsam ausgeglüht. Gleichzeitig hat man die oben erwähnten einfachen Nährlösungen 20—30 Minuten (die complicirteren 60—120 Minuten) im Dampfkochtopf gekocht; und ausserdem hat man Wattepfropfen einige Zeit bei einer Temperatur von 150° liegen lassen. Man füllt sodann das noch heisse Probirglas mit der kochenden Nährflüssigkeit und verschliesst das Gefäss, indem man mittelst geglühter Pincette die erhitzte Watte fasst und in die Oeffnung des Probirglases einstopft. — Stets hat man sich durch Controlversuche zu überzeugen, dass auf diese Weise sterilisirte Culturapparate Wochen und Monate lang völlig klar und unverändert sich erhalten. —

b) Makroskopische Culturen: bakterioskopische Methode.

Cautelen der Versuchsanordnung.

Bereitung der Nährlösungen.

Verschluss der Culturapparate.

Sterilisirung der Apparate.

Will man andererseits die Culturfähigkeit der so hergerichteten Apparate prüfen, so muss man dieselben mit irgend einer bacterienhaltigen Flüssigkeit impfen. Um hierbei einigermassen constante Bedingungen einzuhalten, hat Wernich empfohlen, ein gleichmässiges Impfmaterial zu

Prüfung auf die Culturfähigkeit der Nährlösung.

benutzen: 50 gr frisches gehacktes Fleisch mit 500 cc Wasser unter geringem Alkalienzusatz bei 35° zum Faulen aufgestellt; in dem Alter von 20—120 Stunden liefert dieses stets ungefähr gleich kräftige Impfungen.[21] Ausserdem ist es wünschenswerth stets die gleiche Menge Impfstoff zuzusetzen; dies geschieht indem man aus einer Pipette von gleichem Caliber einen Tropfen in die Nährlösung fallen lässt. Die Pipetten müssen stets in 95 procentigem Alkohol liegen und werden unmittelbar vor dem Gebrauch stark ausgeglüht; während des Erkaltens nehmen dieselben, wie Wernich durch Versuche constatirte, gewöhnlich keine fremden Keime auf.

Cautelen bei der Impfung der Culturen.

Die Impfungen mit Objecten, die auf Gegenwart von Organismen geprüft werden sollen, müssen mit grösster Vorsicht angestellt werden, wenn sicher Culturen der absichtlich geimpften Organismen erhalten werden sollen. Statt des Einlassens von Pipetten verwendet man besser gläserne Röhren oder Ballons mit ausgezogenem Capillarrohr, welches, nachdem es mit Alkohol behandelt und erhitzt ist, in die Nährlösung eingestossen und dann erst durch Zerbrechen der Spitze geöffnet wird. Vielfach muss sich die Art der Impfung nach der Natur des zu prüfenden Objects richten, und ist in dieser Beziehung auf die speciellen in früheren Capiteln gegebenen Vorschriften zu verweisen.

Symptome der erfolgreichen Impfung.

Die Anwesenheit von Bacterien kann erschlossen werden, wenn in mehreren geimpften Gläsern ausnahmslos Inficirung eintrat, während andere genau in gleicher Weise, nur ohne Zumischung des Probeobjects, behandelte Gläser durchgehends unverändert blieben. Die erfolgreiche Impfung giebt sich kund durch Trübung, Färbung der Flüssigkeit, durch Bildung von Wolken, Flocken, schwimmenden Häutchen, oder Bodensatz; zuweilen durch Gas- und Geruchentwicklung; ferner durch eine merkbare Eigentemperatur. Die wie oben vorzunehmende mikroskopische Analyse hat schliesslich diese Befunde durch den Nachweis der Mikroorganismen, und namentlich auch der Bewegungsfähigkeit der letzteren zu bestätigen. — Unerlässlich erscheint eine vielfache Variirung der Versuchsbedingungen; neuerdings sind so zahlreiche Beobachtungen darüber gemacht, dass dieselben Organismen in der einen Nährlösung, bei einer gewissen Temperatur etc. durchaus keine Reproductionsfähigkeit zeigen, während sie unter anderen Bedingungen in intensivste Wechselwirkung mit dem Nährmedium treten, dass der negative Erfolg mit einer einzelnen bestimmten Versuchsanordnung nichts für die Abwesenheit von Organismen beweist. Im Allgemeinen kann hier eine Variirung aller der zahlreichen oben erwähnten Lebenseinflüsse der Mikroorganismen in Betracht kommen; gewöhnlich aber scheint es auszureichen, wenn einige unter sich sehr ungleiche Nährlösungen, wie die Pasteur'sche, Cohn'sche, ferner Fleisch-

Nothwendigkeit einer Variirung der Versuchsbedingungen.

extract- oder Harnlösung bei Körperwärme zur Prüfung verwandt werden, und wenn man ausserdem noch in einigen der Apparate die sauere Reaction durch eine schwach alkalische ersetzt. Eines dieser Medien ist dann jedem Organismus fast immer in so weit adäquat, dass es wenigstens zu einer geringen Vermehrung kommt, und durch weitere Verimpfung der so erhaltenen Colonien in andere günstige Nährlösungen kann man schliesslich eine stärkere Wechselwirkung zwischen Medium und Organismus erzielen. Setzt man solche Impfungen mit gezüchteten Organismen immer weiter fort, so erhält man schliesslich eine sehr intensive Alteration des Mediums und eine sehr gesteigerte Infectionsfähigkeit des Organismus. — Trotz der grossen Bedeutung, die von manchen Seiten diesen Reinculturen zugeschrieben wird, sind doch gewisse Bedenken darüber gerechtfertigt, ob dieselben auch wirklich als Culturen des im Untersuchungsobject enthaltenen Organismus zu deuten sind; volle Sicherheit ist nur in einzelnen Fällen bei der Cultur der Gährungs- und Schimmelpilze zu erreichen; Spaltpilze gestatten aber im Grunde keine sichere Reincultur, weil wegen ihrer ausserordentlichen Kleinheit und allgemeinen Verbreitung in Wasser und Luft ein vollständiger Ausschluss aller fremden Organismen kaum jemals erreicht werden kann. Ausserdem besteht keine Garantie, dass der Organismus der Reincultur namentlich in Bezug auf seine physiologischen Eigenschaften sich identisch verhält mit dem Organismus des Untersuchungsobjects; sobald die Bedingungen, unter die der Pilz im Culturapparat geräth, abweichen von denen, in welchen er vorher lebte, tritt vielmehr möglicherweise eine Umzüchtung, eine künstliche Anpassung des Pilzes an neue Bedingungen und damit in den meisten Fällen eine Umwandlung seiner Eigenschaften ein. — Diese Einwände betreffen namentlich auch die in früheren Capiteln abgehandelten Untersuchungen der Luft, des Bodens und des Wassers auf hygienisch differente Organismen. (Vgl. pag. 165 und pag. 306.)

Fehlerquellen der Culturen und der baktcrioskopischen Methode.

Hygienische Bedeutung der Untersuchung der Fermente und Mikroorganismen. Die hohe Beachtung, welche in der Neuzeit den Fermenten und Mikroorganismen beigelegt wird, so zwar, dass häufig der gesammte Inhalt der Hygiene mit diesem Theil ihrer Lehre identificirt wird, erklärt sich aus der wichtigen Rolle, welche nach allgemein verbreiteter Annahme die fermentativen Processe beim Zustandekommen der Infectionskrankeiten spielen. Gründe, welche zur Zeit nicht widerlegbar sind, sprechen dafür, dass die Erreger vieler Infectionskrankheiten organisirte Fermente sind, die sich zum Theil nur vom Menschen zum Menschen verbreiten, vielleicht zum Theil aber auch ausserhalb des Menschen bestehen oder auf günstigem äusseren Nährboden sich fortentwickeln und von dort dem Menschen mittheilen können. Die Bedeutung der

Bedeutung der Untersuchung auf Mikroorganismen.

Mikroorganismen als Erreger von Infectionskrankheiten.

Untersuchung auf Mikroorganismen, auf die Gesetze ihrer Ernährung und Entwicklung und auf die Art ihrer Verbreitung, ist daher eine unbegrenzt hohe. Leider können aber die bisher bekannten Methoden nur äusserst wenig sichere Entscheidungen liefern.

Schwierigkeit der Entscheidung über das Vorhandensein von Mikroorganismen,

Es ist zunächst daran zu erinnern, mit welchen Schwierigkeiten ein sicheres Urtheil darüber gewonnen werden kann, ob Organismen vorhanden sind oder nicht. Sobald letztere einigermassen spärlich in dem zu untersuchenden Object sich finden, sind sie nur mit grosser Mühe sichtbar zu machen und noch schwerer mit Sicherheit als Organismen zu erweisen, da das Criterium ihrer Beweglichkeit nicht durchschlagend ist, und da die Fortpflanzung nur in seltenen Fällen sich mit voller Verlässlichkeit beobachten lässt. Greift man zur bakterioskopischen Methode, um aus der Einwirkung auf neue, günstige Nährlösung die Bacteriennatur der Befunde zu erschliessen, so treten die Fehlerquellen, die in der Möglichkeit einer unreinen Impfung und in der schwierigen Auswahl eines adäquaten Mediums liegen, einer sicheren Deutung der Befunde hindernd in den Weg.

und über die Function der gefundenen Organismen.

In den Fällen aber, wo zweifellos Mikroorganismen in dem Object der Untersuchung erkannt werden, ist deren hygienische Bedeutung immerhin noch eine sehr zweifelhafte. Mikroorganismen finden sich in solcher Häufigkeit in unserer gesammten, steten Umgebung, dass mit ihrem einfachen Nachweis durchaus kein Schluss auf die hygienische Gefährlichkeit oder Indifferenz des Objects verbunden werden darf. Um diese klar zu stellen, ist es vielmehr unerlässlich, die Eigenschaften der gefundenen Organismen zu erkennen und festzustellen, ob derselbe ein Krankheitskeim ist oder gelegentlich als solcher fungiren kann, oder ob derselbe seinen Wirkungskreis nur auf die Zersetzung indifferenter, ausserhalb des Körpers gelegener Medien ausdehnt.

Beschränkte Leistungsfähigkeit der mikroskopischen Untersuchungsmethode,

Aufschluss darüber, ob ein Organismus zu den Krankheitskeimen gehört, kann zunächst versucht werden durch die mikroskopische Beobachtung. Nur in den seltensten Fällen scheinen aber morphologische Differenzen an bekannten Krankheitserregern zu bestehen, die ein Wiedererkennen derselben garantirten; eine solche Diagnose scheint z. B. zu gelingen bei den Spirillen des Recurrens, obwohl auch hier das Vorkommen derselben Form in anderen Medien nicht ausser dem Bereich der Möglichkeit liegt. — Besonders schwierig ist die Untersuchung von Leichen und Leichentheilen, da Mikroorganismen, die nicht als Krankheitserreger fungiren, ausserordentlich häufig in diesen gefunden werden. Bei der Section gefundene Mikroorganismen sind daher jedenfalls nur dann als Ursache der Krankheit und des Todes anzusprechen, wenn das Verhalten und die Anordnung derselben in den Organen eine Verwechslung

mit Leichenbefunden ausschliesst, namentlich aber wenn durch Experimente die Wirkung der gefundenen Organismen festgestellt ist.

Man könnte weiter daran denken, zunächst eine Züchtung solcher Organismen in den üblichen Nährlösungen vorzunehmen, durch wiederholte Culturen das Pilzmaterial rein zu gewinnen und dann zu Impfversuchen zu verwenden. Auch auf diesem Wege scheint aber in vielen Fällen eine Entscheidung der Frage nicht zu gelingen; und zwar aus Gründen, die je nach den verschiedenen Anschauungen über die Specificität der Organismen anders lauten, aber in gleicher Weise einen störenden Einfluss auf die Beweiskraft der Versuche ausüben. Existirt keine Specificität; sind dagegen die Organismen befähigt, sich in hohem Grade den jeweiligen Nähr- und Lebensbedingungen anzupassen; so werden die dem Körper entnommenen Krankheitserreger in den völlig veränderten Verhältnissen ihre Wirksamkeit bald verlieren und andere Eigenschaften annehmen müssen; eine erfolglose Impfung der „rein" gezüchteten Organismen sagt daher dann nichts aus über die hygienische Bedeutung der ursprünglich gefundenen Pilze. Hält man aber an der Specificität der Organismen fest, so ist nicht anzunehmen, dass derselbe Pilz, der eben im Körper zu gewissen Zersetzungen geführt hat, gleich darauf unter völlig anderen Verhältnissen eine ganz verschiedene Wirksamkeit entfaltet; man kann alsdann nicht der Meinung sein, dass eine erfolgreiche Uebertragung eines solchen Organismus in eine beliebige Nährlösung statthaben und durch tiefe Alteration des neuen Mediums erkannt werden kann; sondern man wird bei einem scheinbaren Erfolg stets an den Einfluss der so schwer vermeidbaren Fehlerquellen der Reinimpfung denken müssen.

sowie des bakterioskopischen Verfahrens.

Es erscheint somit geboten, dass man bei der Untersuchung der hygienischen Bedeutung der Mikroorganismen den Wechsel der Ernährungs- und Lebensbedingungen möglichst vermeidet, und nur die gleichen oder ähnlichen Medien auswählt, um eine Züchtung und Weiterimpfung der Organismen zu versuchen. Die sichersten Resultate scheint die von Koch angewandte Methode zu geben, nach welcher man die pathogenen Organismen von Thier zu Thier überimpft und die Entwicklung derselben weiter verfolgt. In Koch's Versuchen liessen sich dieselben Organismen von der Impfstelle an bis zu den hervorragend erkrankten Körpertheilen nachweisen und die Constanz und Unabänderlichkeit der betreffenden Bacterien war aus Grösse, Gestalt und Wachsthumsverhältnissen, aus ihrer Lagerung und Gruppirung aufs deutlichste zu erkennen. — (Nimmt man als feststehend an, dass besonders hoch gezüchtete Organismen auch besonders geeignet sind, selbst weniger adäquate Medien zu inficiren und sich in diesen fortzuentwickeln, so wird man ausserdem jedem, auch in der Umgebung des Menschen vorkommenden Zersetzungsprocess hygie-

Möglichkeit der hygienischen Differenzirung der Organismen durch Thierexperimente.

nische Bedeutung zuerkennen müssen, bei welchem hochgradige Wechselwirkung zwischen Medium und Organismus eintritt. — Doch sind über diesen Punkt die Ansichten noch zu sehr getheilt.)

Mag zur Zeit die Verfolgung der hygienischen Bedeutung der Mikroorganismen auf noch so grosse Schwierigkeiten stossen, so ist auf der anderen Seite doch festzuhalten, dass nur von einer fortschreitenden Kenntniss der Lebensgesetze der niederen Pilze Aufklärung über manche der wichtigsten hygienischen Fragen erwartet werden kann. So lange ein Arbeiten mit direct pathogenen Organismen auf fast unbesiegbare Schwierigkeiten stösst, wird man die Lebensgesetze anderer, leichter controlirbarer Pilze erforschen müssen, um wo möglich aus den so erlangten Resultaten Rückschlüsse auf die hygienisch wichtigen Vorgänge machen zu können. Auch dann aber hat die Untersuchung eine Menge von Cautelen zu berücksichtigen, welche dieselbe schwieriger und complicirter erscheinen lassen, als irgend eine der bisher geschilderten Methoden. Nur unter Anwendung der scrupulösesten Sorgfalt, mit hinreichender Schulung und mit grösster Reserve und Selbstbeschränkung in Bezug auf die abzuleitenden Consequenzen oder Verallgemeinerungen der Resultate angestellt, können die Untersuchungen auf diesem Gebiete einen Fortschritt der Hygiene herbeiführen.

III. Untersuchung der Desinfectionsmittel.

Untersuchung der Desinfectionsmittel.

Bei der Anwendung von Desinfectionsmitteln hat man im Allgemeinen die Absicht, eine Infectionsursache zu zerstören und unwirksam zu machen, oder ihre Verbreitung zum Menschen und ihre Entwickelung im Menschen zu hindern. Die Art des anzuwendenden Mittels wird sich selbstverständlich nach dem Wesen der Infectionsursache richten müssen; und die Prüfung eines Desinfectionsmittels kann nur dann zu einem sicheren Urtheil gelangen, wenn das Verhalten des Krankheitserregers, seine Befähigung oder Nichtbefähigung zur Infection sich genau erkennen lässt. Da nun über das Wesen der Infectionskeime noch wenig feststehende Thatsachen bekannt sind, vielmehr die Ansichten über dieselben weit auseinander gehen, so liegt hierin offenbar eine ausserordentliche Schwierigkeit für die methodische Anwendung von Desinfectionsmitteln und für die Feststellung ihres Wirkungswerthes. Die im Folgenden gegebene Untersuchungsweise der Desinfectionsmittel kann sich daher nur an die vorläufig herrschenden Ansichten über die Natur der Infectionserreger anschliessen und nur eine provisorische Erledigung dieses Capitels bieten, das hoffentlich bald auf festerer Basis bearbeitet werden kann.[25]

Bei der Erregung von Infectionskrankheiten sind möglicherweise zuweilen nicht organisirte Stoffe betheiligt. Diese können als Miasmen, als gasförmige

Körper, gedacht werden, die z. B. vielleicht bei der Malaria eine Rolle spielen, wobei der Vorgang nach der Ansicht einiger Epidemiologen sich in der Weise vollzieht, dass diese Miasmen den menschlichen Körper disponiren, von Organismen, die im Menschen vorhanden, aber sonst nicht infectionsfähig sind, ergriffen zu werden. Solche Miasmen sind uns bis jetzt völlig unbekannt, und ihre chemische Natur ist uns so dunkel, dass wir nicht einmal den Versuch machen können, gegen dieselben mit chemischen Mitteln zu Felde zu ziehen. — Ferner kann man gewisse Krankheitserreger sich als nicht organisirte Fermente denken; und es giebt einige Vertreter der Ansicht, dass namentlich den nicht organisirten Fermenten unseres Körpers eine bedeutungsvolle Rolle bei der Entstehung von Infectionskrankheiten zukomme. Jedoch fehlt es der letztgenannten Vermuthung an stützenden Beweisen; während eine von aussen kommende Infection durch ein nicht organisirtes Ferment, die durch Desinfectionsmassregeln zu bekämpfen wäre, nur in den seltensten Fällen stattfindet. — Trotzdem sind die nicht organisirten Fermente häufig zur Prüfung von Desinfectionsmassregeln verwandt. Die leichte Controlirbarkeit der Zersetzungen, welche durch bestimmte Fermente entstehen, haben dazu geführt, die Wirksamkeit eines Desinfectionsmittels aus dem Einfluss zu erschliessen, den dasselbe auf die Bildung der charakteristischen Gährungsprodukte gewisser Fermentvorgänge ausübt; so hat man das Myrosin, die Diastase etc. mit ihren leicht nachweisbaren Gährungsproducten als Prüfungsmittel benutzt. — Die nicht organisirten Fermente sind jedoch deshalb zu solchen Proben nicht geeignet, weil als feststehend anzunehmen ist, dass in manchen Fällen die Erregung von Infectionskrankheiten von organisirten Körpern ausgeht, die eine erheblich grössere Resistenz zeigen und deren Wirksamkeit von ganz anderen Bedingungen abhängt, als die der nicht organisirten Fermente. Es würde daher aus den an nicht organisirten Fermenten angestellten Prüfungen von Desinfectionsmitteln nur eine sehr beschränkte und für die Praxis bei Infectionskrankheiten bedeutungslose Kenntniss derselben resultiren. — In gleicher Weise ist es nicht empfehlenswerth, Zersetzungsvorgänge durch Spross- oder Schimmelpilze als Probeobject bei hygienischen Experimenten zu benutzen; sondern man kann nur Spaltpilze als diejenigen Organismen ansehen, deren Thätigkeit eine gewisse Analogie mit den Infectionserregern zeigt und die deshalb als Probeobjecte für eine vorläufige Abschätzung und Beurtheilung der Desinfectionsmittel am besten geeignet sind.[26]

Prüfung der Wirksamkeit von Desinfectionsmitteln an nicht organisirten Fermenten; an Spross- oder Schimmelpilzen; an Spaltpilzen.

Die Prüfung der Desinfectionsmittel kann im wesentlichen nur eine experimentelle sein. Vereinzelte Erfahrungen aus der Praxis sind stets mit äusserster Vorsicht zu beurtheilen; die Factoren, welche auf die Lebensfähigkeit der Krankheitserreger einerseits, auf die Wirkungsweise der Desinfectionsmittel andererseits einen Einfluss äussern, sind so zahlreich, und ein spontanes Ausleben, eine Vernichtung oder eine Hinderung der Verbreitung von Krankheitserregern durch andere nicht controlirbare Momente kommt so häufig vor, dass aus dem hier und da beobachteten Erfolg oder Nichterfolg eines desinficirenden Verfahrens kaum ein sicherer Schluss auf die Wirksamkeit des speciellen Mittels möglich ist. Die Schwierigkeit einer rationellen Empirie ist hier mindestens so gross, wie bei der Constatirung der Wirkung eines Heilmittels. Entweder sehr grosse Zahlenreihen oder aber eine experimentelle Anordnung der Untersuchungen können allein zu Aufschlüssen führen; die letztere aber ist

Nothwendigkeit der experimentellen Prüfung.

Unzulänglichkeit der empirischen Beobachtungen.

nicht eher möglich, als bis die verschiedenen Bedingungen des Experiments durch Versuche mit leichter übersehbarem Material erkannt sind. Erst dann werden praktische Beobachtungen am Platze und im Stande sein, als letzter Prüfstein der aus Laboratoriumsexperimenten gezogenen Schlüsse zu dienen.

Gesichtspunkte für die Prüfung der Wirkung von Desinfectionsmitteln auf Spaltpilze.

Bei den Versuchen über die Wirkung eines Desinfectionsmittels auf Spaltpilze hat man zunächst zu fragen, in wie weit man dieselben beeinflussen will. Häufig wird man eine Tödtung der Organismen beabsichtigen; aber mit Rücksicht auf die oben (pag. 439) geschilderten verschiedenen Lebenszustände derselben wird man unter Umständen auch nur versuchen, ihre Entwicklung zu hemmen, sie unthätig oder unfähig zur Fortpflanzung zu machen, sie durch Umänderung der Lebensbedingungen umzuzüchten oder der Concurrenz mit stärkeren Organismen auszusetzen, oder endlich auch nur ihre Lostrennung von dem einmal occupirten Medium und die Verbreitung zum Menschen zu hindern.

Verschiedene Ziele der Desinfection: Tödtung der Pilze.

Die Mittel, mit denen diese Absichten erreicht werden können, ergeben sich im Princip einfach aus der Kenntniss der Lebensbedingungen der niederen Pilze. Eine eigentliche Tödtung gelingt wahrscheinlich nur durch Hitze, und dann auch nur sicher, wenn die Organismen im feuchten Zustande sich befinden; eine Temperatur von 110° reicht dann mit Sicherheit zur Tödtung aus, doch genügen schon niedrigere Hitzegrade, wenn sonstige Alterationen der Lebensbedingungen, namentlich Säurezusatz, gleichzeitig stattfinden. — Eine schwierige Complication bilden die Dauersporen, die den sonst wirksamen Hitzegraden und auch den übrigen noch zu erwähnenden Mitteln eine bedeutend grössere Resistenz entgegensetzen; namentlich da es noch nicht genügend bekannt ist, welche Organismen, und unter welchen Umständen, Dauersporen bilden. — Um die Mikroorganismen in einen Zustand zu versetzen, in dem sie dauernd oder doch für längere Zeit sich weder vermehren noch sonst irgend welche Lebensäusserungen zeigen können, genügt eine Reihe von chemischen oder physikalisch wirkenden Mitteln. Zunächst kommen wiederum höhere Temperaturgrade als wirksamstes Desinficiens in Betracht. Sodann existiren viele chemische Stoffe, die in gewisser Concentration als Gifte auf die Bacterien wirken; so z. B. wird das Fortpflanzungsvermögen der Fäulnissbacterien in ihrer Mutterflüssigkeit verhindert (nach Bucholtz) durch:[27]

Aufhebung des Fortpflanzungsvermögens.

Chlor	in einer Verdünnung von 1 Theil auf	25000	Theile	Flüssigkeit
Jod	„ „ „ „ „ „ „	5000	„	„
Brom	„ „ „ „ „ „ „	3333	„	„
Schweflige Säure	„ „ „ „ „ „ „	666	„	„
Salicylsäure	„ „ „ „ „ „ „	310	„	„
Benzoësäure	„ „ „ „ „ „ „	250	„	„
Thymol	„ „ „ „ „ „ „	200	„	„
Carbolsäure	„ „ „ „ „ „ „	25	„	„
Alkohol	„ „ „ „ „ „ „	4,5	„	„
Schwefelsäure	„ „ „ „ „ „ „	160	„	„

Ferner lassen sich die Ernährungsverhältnisse noch vielfach so alteriren, dass eine Hemmung der Fortpflanzung der Organismen die Folge ist. So kann man nothwendige Nährstoffe aus der Nährlösung entfernen, z. B. durch präcipitirende

Mittel; ferner kann man die Nährlösung so verdünnen, dass die Organismen ihre Lebenseigenschaften verlieren; oder das Wasser völlig entziehen; oder aber andere Organismen gleichzeitig zur Entwicklung bringen, denen die gesetzten Ernährungsbedingungen mehr zusagen und die deshalb die verdächtigen Organismen verdrängen und der Nährstoffe berauben. — Dabei ist im Auge zu behalten, dass die einzelne Aenderung einer Lebensbedingung ganz anderen Effect hat, wenn sie gleichzeitig mit der Alteration eines anderen Einflusses einhergeht, und dass daher eine Combination mehrerer, chemisch oder physikalisch wirkender Mittel fast stets vorzuziehen ist. — Ferner kommt es häufig darauf an, nicht sowohl die Entwicklungsfähigkeit der Organismen zu zerstören, sondern nur eine bestimmte Nährlösung derart vorzubereiten, dass sie für die Entwicklung und Vermehrung von Spaltpilzen untauglich wird. Diese Asepsis[28] erfordert gewöhnlich geringere Mengen differenter Stoffe; so wird das Vermögen gewisser Nährlösungen, Fäulnissbacterien zur Entwicklung zu bringen, durch folgende Substanzen aufgehoben (Bucholtz): Asepsis.

Salicylsäure	in einer Verdünnung von 1 Th. auf	666	Th. Flüssigkeit
Benzoësäure	„ „ „ „ „ „ „	1000	„ „
Carbolsäure	„ „ „ „ „ „ „	200	„ „
Schwefelsäure	„ „ „ „ „ „ „	150	„ „
Borsäure	„ „ „ „ „ „ „	133	„ „
Chinin	„ „ „ „ „ „ „	200	„ „
Alkohol	„ „ „ „ „ „ „	50	„ „
Sublimat	„ „ „ „ „ „ „	20000	„ „
Skatol (nach Wernich)	„ „ „ „ „ „ „	2500	„ „
Indol „ „	„ „ „ „ „ „ „	1667	„ „

Zuweilen kommt es nur darauf an, einen Organismus, der unter den gegebenen Verhältnissen hygienisch differente Wirkungen äussert, durch Aenderung der Lebensbedingungen umzuzüchten derart, dass er seine früheren Eigenschaften einbüsst und den neuen Verhältnissen sich anpasst. Hierzu sind dann die relativ geringsten Aenderungen der Lebensbedingungen ausreichend; geringe Abweichungen der Temperatur, mechanische Erschütterungen, unbedeutende Zusätze von Säuren oder anderen chemischen Agentien erscheinen ausreichend, um diese Umänderung herzustellen. Dahin zielende Versuche erscheinen um so bedeutsamer, als es vielleicht gelingt, auf solche Weise Krankheitskeime so weit zu verändern, dass sie zu einer Infection nicht mehr tauglich, wohl aber geeignet erscheinen, den Körper auf gewisse Zeit hinaus für die ursprünglichen Krankheitserreger immun zu machen. — In sehr vielen Fällen endlich kommt es lediglich darauf an, die Loslösung der Mikroorganismen vom Nährboden und ihre Verbreitung zu anderen Menschen zu hindern. In dieser Beziehung haben zahlreiche Versuche[29] erwiesen, dass durch Luftströmungen nur von trockenen Objecten Mikroorganismen fortgeführt werden können, dass dagegen reichliche Benetzung mit Wasser jedes Loslösen derselben und Uebergehen in Luftströmungen verhindert (ausser in dem seltenen Fall, wo durch Blasenbildung auf der Wasseroberfläche einzelne Keime in die Luft gelangen können). Durch fortwährendes Feuchterhalten der Objecte kann daher die Luft rein conservirt werden. Einen ähnlichen Zweck scheint für längere Zeit ein Ueberstreichen der verdächtigen Oberflächen mit klebrigen und fettigen Substanzen zu erreichen. — Die Hinderung der Verbreitung wird in den meisten Fällen nur da mit praktischem Erfolg sich anwenden lassen, wo die Objecte gleichzeitig völlig entfernt und der Benutzung durch den Menschen dauernd entzogen werden, oder wo jene Procedur nur die Vor-

Umzüchtung der hygienisch differenten Pilze.

Hinderung der Verbreitung der Organismen.

bereitung der eigentlichen Desinfection bildet; so können manche Objecte, z. B. die Excremente mit grösseren Wassermassen fortgeschwemmt werden, die dann zugleich ihre alterirende Einwirkung auf die Organismen allmählich geltend machen; oder sie können mit Erde hoch überschichtet werden, wodurch ebenfalls sowohl eine Weiterverbreitung gehindert, als auch muthmasslich eine Umzüchtung eingeleitet wird; oder die Objecte werden im nassen Zustande der Einwirkung starker Hitze und eventuell chemischer Agentien ausgesetzt.

Kriterien für den Desinfectionserfolg.

Soll nun durch Versuche ermittelt werden, ob die oben genannten Ziele der Desinfection erreicht sind, so wird es sich vor allem darum handeln, ein Kriterium zu haben, durch welches mit Schärfe nachgewiesen werden kann, dass Mikroorganismen, die vor der Anwendung des Desinfectionsmittels lebens- und entwicklungsfähig waren, nach der Desinfection todt oder doch für längere Zeit zur Weiterentwicklung unfähig sind. Hierzu sind selbstverständlich gröbere, inconstante Merkmale, wie Geruch, Gasbildung etc. nicht geeignet; ebensowenig genügt aber auch eine mikroskopische Untersuchung des Objects. Der todte Mikroorganismus unterscheidet sich im mikroskopischen Präparat vom lebenden zwar im Allgemeinen durch den Mangel an Bewegung und das Fehlen einer sichtbaren Vermehrung. Aber es ist bereits oben darauf hingewiesen, dass viele Mikroorganismen, so sämmtliche Kugelbacterien, niemals in Bewegung gesehen werden; dass ferner viele andere Bacterien zeitweise ruhen, ohne darum in ihrer Lebensfähigkeit alterirt zu sein und dass drittens oft passive Bewegungen nicht organisirter Massen unter dem Mikroskop active Beweglichkeit vortäuschen können; ferner ist die Fortpflanzung und Vermehrung nur in den seltenen Fällen mit aller Genauigkeit durch das mikroskopische Präparat zu constatiren, wo charakteristische Formen von Organismen sich durch Sporenbildung fortpflanzen. Die mikroskopische Untersuchung giebt somit keine durchschlagenden, stets gültigen Kriterien; diese werden vielmehr nur geboten durch eine möglichst einwurfsfreie bacterioskopische Methode, welche sich nicht damit begnügt, dass in der ursprünglichen, desinficirten Nährsubstanz kein Leben mehr wahrzunehmen ist, sondern welche die Reproductionsfähigkeit der Organismen in frischen, möglichst günstigen Nährlösungen prüft. — Bezüglich der Ausführung dieser Methode und der Schwierigkeiten einer Reinimpfung kann auf pag. 461 verwiesen werden; hier sei nur nochmals hervorgehoben, dass die Bedingungen, in welche das desinficirte Object aufgenommen wird, mehrfach variirt werden müssen, um zuverlässige Resultate zu geben; verschieden zusammengesetzte Nährlösungen gehören ebensowohl zu einem beweiskräftigen Experiment, wie die Beobachtung der Temperatur etc.; ausserdem ist besonders darauf zu achten, dass die Nährlösung durch Zufügung des Impfmaterials nicht etwa zu verdünnt wird; ferner ist sauere Reaction

Unzulänglichkeit der mikroskopischen Untersuchung.

Nothwendigkeit der Anwendung der bakterioskopischen Methode.

der Nährlösungen möglichst zu meiden, und jedenfalls in einigen derselben die Reaction neutral oder schwach alkalisch zu halten.

Die auf Grund dieser Kriterien angestellte Prüfung hat sodann noch die Natur des zu desinficirenden Objects und die Applicationweise des Desinfectionsmittels zu berücksichtigen. Das Probeobject ist den natürlichen, in der Praxis vorliegenden Fällen immer so viel als möglich anzupassen. Bei Anwendung gasförmiger Desinfectionsmittel ist zu beachten, dass Flüssigkeiten in diesem Falle nur dann als Probeobjecte geeignet erscheinen, wenn sie in ganz flachen Schichten ausgebreitet sind; ferner dass es von wesentlichstem Einfluss auf den Effect ist, ob die Objecte feucht oder trocken sind. Als Probeobject für flüchtige Desinfectionsmittel sind mit Vorliebe Wollfäden oder Zeugstreifen, die mit faulenden Flüssigkeiten getränkt und dann getrocknet waren, angewandt; auch bei diesen ist aber wiederum die verschiedene Dicke, der grössere oder geringere Feuchtigkeitsgrad etc. zu beachten.[30]

Cautelen bei der Anstellung der Versuche.

Auswahl des Probeobjects.

Für die Applicationsweise der Desinfectionsmittel darf es als Vorschrift gelten, dass die Versuche in nicht zu kleinem Massstabe angestellt werden. Die Resultate von Experimenten, die im Glasrohr angestellt wurden, sind schon zu oft widerlegt durch andere einwurfsfreie Versuche, bei denen grössere Verhältnisse zu Grunde gelegt wurden. Sodann ist die Zeitdauer der Einwirkung zu controliren und in verschiedener Weise zu variiren. Endlich ist die Quantität und der Verdünnungsgrad des angewandten und zur Wirkung gelangten Desinfectionsmittels möglichst genau zu bestimmen. Werden in grösseren Räumen flüchtige Substanzen geprüft, so ist die Verbreitung des Gases in den verschiedenen Luftschichten, der Luftzutritt durch Oeffnungen und Mauerporen, die Temperatur und Feuchtigkeit der Luft und der Wände zu controliren.[31] —

Applicationsweise der Desinfectionsmittel.

Die bisher beschriebenen Prüfungen sind in der Hauptsache nur an Fäulnissbacterien, gewissen Micrococcen etc. anzustellen. Da es aber wahrscheinlich ist, dass verschiedene Organismen sich in Bezug auf die Resistenz gegen äussere Einflüsse durchaus verschieden verhalten, und da selbst derselbe Organismus je nach der Höhe seiner Entwicklung ein anderes Widerstandsvermögen zu zeigen scheint, so ist es nöthig, die Versuche auf verschiedenartige Organismen auszudehnen und namentlich auch auf solche, welche krankheitserregend wirken. Der thierische resp. menschliche Körper hat hier dann das frische Nährsubstrat zu bilden, auf welches direct die Impfung mit dem desinficirten Material erfolgt. Die Versuche mit Milzbrandbacillen, mit Vaccine etc. haben für die Kenntniss der Desinfectionsmittel schon so werthvolle Beiträge geliefert, dass ihnen in erster Linie die fortgesetzte Aufmerksamkeit der Beobachter gebührt.[32] — Ueber die Cautelen solcher Versuche vgl. pag. 458 und 465.

Nothwendigkeit einer Prüfung der Desinfectionsmittel an Krankheitserregern.

Desodorisationsmittel.

Häufig kommen statt der Desinfectionsmittel Desodorisationsmittel zur Anwendung, theils in dem fälschlichen Glauben, dadurch eine Desinficirung zu erreichen, theils in der bewussten Absicht, nur belästigende Gerüche zu entfernen. Am meisten bieten die Excremente und deren Anhäufung in der Nähe der Wohnungen Anlass zu einem solchen Vorgehen. — Als Kriterium für die momentan erfolgreiche Anwendung ist zunächst das Aufhören des Geruchs anzusehen; da es sich aber gewöhnlich darum handelt, auch für die Folge eine Geruchsentwicklung an derselben Lokalität zu verhindern, so wird auch die Quelle des Gestanks, die Abortsgrube etc. und die ganze Masse der Excremente meist einer desodorisirenden Behandlung unterliegen müssen. Hier kommt es sodann auf eine quantitative Behandlung des Materials an; und diese ist, da die Menge des Materials unbekannt ist, nur dadurch zu erzielen, dass man in jedem Einzelfalle ein Reagens anwendet, welches einen geringen Ueberschuss des wirksamen Bestandtheils des Dosodorisationsmittels anzeigt. Bei den Excrementen bestehen die riechenden Gase gewöhnlich in Ammoniak und Aminverbindungen, Schwefelwasserstoff, flüchtigen Kohlewasserstoffen und Fettsäuren. Die häufigsten und belätisgendsten riechenden Verbindungen sind kohlensaures Ammoniak, seltener Schwefelwasserstoff. Auf ersteres prüft man mit Curcumapapier, auf letzteren mit Bleipapier; ausserdem sind die gebräuchlichsten Desodorisationsmittel, wie roher Eisenvitriol, Schwefelsäure etc. ausgezeichnet durch sauere Reaction, die zunächst durch das kohlensaure Ammoniak neutralisirt wird, schliesslich aber den ganzen Grubeninhalt sauer reagiren lässt und darin ein bequem zu beobachtendes Symptom für einen ausreichenden Zusatz des Mittels bietet. (Selbstverständlich ist dabei auf innige Mischung des ganzen Materials Bedacht zu nehmen.) — Häufig werden indess auch alkalisch reagirende Mittel zugesetzt, die dann gewöhnlich präcipitirend wirken sollen. Sie enthalten Körper (wie Aetzkalk), die in den Excrementen eine starke Fällung verursachen, dadurch einen grossen Theil von zersetzlichen Stoffen und von vorhandenen Organismen mit zu Boden reissen, und auf die Fortentwicklung der letzteren ausserdem noch einen Einfluss äussern können, indem sie nothwendige Nährstoffe, wie organische Substanzen, ferner die Phosphate etc. grösstentheils aus der über dem Niederschlag befindlichen Flüssigkeit entfernen. (Mit den bisherigen Fällungsmitteln ist indess noch niemals eine soweit vollständige Alteration der Nährlösung erreicht worden, dass dieselben Anspruch machen könnten, für etwas anderes als für Desodorisationsmittel zu gelten.) Auch für diese präcipitirenden Stoffe ist es wünschenswerth, ein Reagens zu haben, welches einen überschüssigen Zusatz anzeigt. Da dieselben meist ebenso alkalisch reagiren, wie das zu behandelnde Material, so ist ein solcher Nachweis durch einfaches Reagenspapier nicht zu führen. Dagegen ist von Prof. F. Hofmann seit längerer Zeit mit Erfolg ein mit Chlorbarium getränktes Curcumapapier zur Prüfung auf einen genügenden Zusatz Aetzkalk-haltiger Fällungsmittel benutzt worden: auf dieses reagirt kohlensaures Ammoniak nicht, da das Chlorbarium eine Zerlegung des Salzes bewirkt, wohl aber entsteht durch Aetzkalk eine Bräunung.[33]

Quantitative Desinfection der Excremente.

Prüfung auf hinreichenden Zusatz sauer reagirender Desodorisationsmittel.

Prüfung auf einen Ueberschuss alkalischer präcipitirender Mittel.

Zu Laboratoriumsversuchen über die desodorisirende Wirkung der verschiedenen Mittel empfiehlt es sich nach Erismann,[34] die Excremente mit einer Vorlage zu versehen, welche mit einer Mischung von Bleiacetat und Bleiglätte gefüllt ist. Durch diese wird Kohlensäure, Ammoniak und Schwefelwasserstoff vollständig zurückgehalten; um die Menge der einzelnen Stoffe zu bestimmen, wird der Inhalt der Vorlage mit destillirtem Wasser ausgespült und filtrirt; der Rückstand, aus Bleioxyd kohlensaurem Blei und Schwefelblei bestehend, wird gewogen und in einem Theile

Experimentelle Prüfung der Einwirkung von Desodorisationsmitteln auf Excremente.

die Kohlensäure durch Austreiben mit Salpetersäure, im anderen Theile das Schwefelblei durch Behandeln mit Essigsäure bestimmt, die nur das Schwefelblei ungelöst lässt; im Filtrat wird dann noch das Ammoniak durch Kochen mit Kalilauge und Auffangen des Ammoniaks in titrirter Schwefelsäure ermittelt. — Viel einfacher gestaltet sich die Bestimmung, wenn man auf den Schwefelwasserstoff, der doch nur in sehr geringer Menge vorkommt, keine Rücksicht nimmt; alsdann genügt es, die aus dem mit Excrementen gefüllten Kolben tretende Luft durch eine Vorlage mit schwacher Schwefelsäure von bekanntem Gehalt und dann durch titrirtes Barytwasser zu leiten und so Ammoniak und CO_2 zu bestimmen. — Die Ermittelung anderer Gase erfolgt nach den pag. 149 gegebenen Methoden.

Hygienische Bedeutung der Untersuchung von Desinfectionsmitteln. Der Desodorisation der Luft, der Excremente etc. kommt neben der Entfernung unangenehmer, lästiger Eindrücke vielleicht noch eine gewisse hygienische Bedeutung in so fern zu, als in einer mit riechenden Gasen auch nur in geringem, nicht toxisch wirkendem Grade verunreinigten Luft die Bewohner unwillkürlich vermeiden, tiefe und ausgiebige Athemzüge auszuführen; in wie weit daraus in der Länge der Zeit eine Gesundheitsstörung entstehen kann, ist noch nicht festgestellt. Zuweilen kann aber die Ausdünstung der giftig wirkenden Gase, wie des Schwefelwasserstoff, geradezu Alterationen der Gesundheit veranlassen, und in diesem Sinne haben daher die Desodorisationsmittel zweifellos eine hygienische Bedeutung, falls sie im Stande sind, die betreffenden Gase wirklich unschädlich zu machen oder ihre Entstehung zu verhindern, und falls sie nicht etwa den Zweck haben, nur den Geruch derselben durch andere Gerüche zu verdecken.

Bedeutung der Desodorisationsmittel.

Die Bedeutung der Prüfung der eigentlichen Desinfectionsmittel ist ebenso wie die Untersuchung der Fermente und Mikroorganismen selbstverständlich eine sehr hohe, wenn auch bisher unser Wissen über dieses Thema noch so bedeutende Lücken aufweist. Die Sicherheit, mit der wir bereits jetzt eine wirksame Desinfection ins Werk setzen können, hängt sehr ab von der Natur des zu desinficirenden Objects. Werthlose Gegenstände können verbrannt werden; leicht transportable und einigermassen resistente Objecte, wie Kleider, lassen sich durch Hitze sicher desinficiren; kleinere Mengen von Excrementen können durch verschiedene Antiseptica desinficirt und dann vergraben, weggeschwemmt oder auch nach geeigneter Vorbereitung verbrannt werden. In Bezug auf diese Objecte handelt es sich lediglich noch um eine Vervollkommnung der Technik, die zweifellos in kurzem mit den vorhandenen und bekannten Mitteln alles Wünschenswerthe leisten wird.

Bedeutung der Desinfectionsmittel.

Anders verhält es sich mit der Desinfection grösserer werthvollerer Objecte, der Möbeln, Waaren, ganzer Wohnräume und Häuser, und namentlich der Luft. Die hier bis jetzt auf Grund von Laboratoriums-

Schwierigkeiten einer rationellen Desinfection.

arbeiten vorgeschlagenen Mittel haben sich bei näherer Prüfung sämmtlich in irgend einer Beziehung als unzulänglich erwiesen. So ist auch die von verschiedenen Behörden empfohlene Desinfection durch Verbrennen von 15 gr Schwefel pro 1 C.-M. Luft als entschieden nicht hinreichend wirksam zur Desinfection der Wohn- und Krankenräume erkannt. — Ferner stösst der Versuch einer Desinfection des Menschen oder des Kranken, ohne dass diese zugleich die Gesundheit oder den Krankheitsverlauf beeinflusst, auf die grössten Schwierigkeiten; so lange aber namentlich bei contagiösen Kranken eine solche Desinfection nicht gelingt, ist es im Grunde illusorisch, Luft und Umgebung des Kranken zeitweise zu reinigen, da der Letztere immer von neuem Krankheitserreger verbreitet und also nur eine continuirliche, nicht aber eine periodische, quantitative Desinfection zum Ziele führen könnte.

In wie weit zur Zeit bei einer Desinfection verschiedener Objecte die herrschenden Theorien über die Lebensbedingungen der Krankheitserreger sich berücksichtigen lassen, möge aus den im Folgenden auszugsweise gegebenen Vorschriften der „Kriegs-Sanitäts-Ordnung" entnommen werden:

Desinfections-Vorschriften der Kriegs-Sanitäts-ordnung.

Zur Desinfection der Hände dient 1 procentige Carbolsäure; für Instrumente 2—2½ procentige Carbolsäure; für Wäsche: Besprengen und Feuchterhalten mit 20procentiger Carbollösung, bis dieselbe in kochendes Wasser kommt; bei ansteckenden Krankheiten lässt man die Wäsche vor dem Waschen noch 12—36 Stunden in einer Lösung von Chlorkalk, Carbolsäure, Zinkvitriol (1 : 120) oder Chlorzink (1 : 1240) liegen. Bettstellen werden mit den letztgenannten Lösungen gewaschen. — Kleidungsstücke werden (feucht) auf 95° erhitzt. — Für Latrinen: Carbolkalk (100 Gewichtstheile frisch gebrannter Kalk und 60 Theile Wasser bis zur pulverförmigen Löschung; nach dem Erkalten fünf Theile 100procentiger Carbolsäure zugemischt.) oder Süvern'sche Mischung (= 100 Theile frisch gelöschter Kalk, 15 Theile Steinkohlentheer, 15 Theile Chlormagnesium. Theer mit dem Kalk noch während des Löschens verrührt, dann das in Wasser gelöste Chlormagnesium zugesetzt; die breiige Masse zum Gebrauch mit dem fünffachen Volum Wasser versetzt.) Geschlossene Wohnräume: Chlorräucherungen — ein Theil Chlorkalk in irdener Schale mit 1½ Theilen roher Salzsäure übergossen; 12 Stunden lang lässt man den Cl-Geruch im Zimmer, dann stellt man zur Entfernung des Geruchs Schalen mit Ammoniak auf (besser ist unter schwefligsaures Natron, vgl. Lunge, Dingl. Journ. 1879. Aug.). — Fussboden mit Carbolwasser oder Chlorkalklösung gescheuert; die Wände mit einen Theil Carbolsäure auf 100 Theile Kalkmilch getüncht und neu gestrichen. —

Literatur. 1) Aus der kaum übersehbaren Literatur über Fermente und Mikroorganismen seien hier nur einige wichtigere neuere Arbeiten hervorgehoben: Uebersicht über die ältere Literatur bieten die ausgezeichneten Referate von Richter und Birch-Hirschfeld in Schmidt's Jahrbüchern der gesammten Medicin, Bd. 159 (1873), p. 169. — Bd. 166 (1875) p. 169. — Bd. 168 (1875) p. 57. — Cohn, Beiträge zur Biologie der Pflanzen, Breslau. Bd. 1, 2, 3. — Nägeli, Die niederen Pilze. München 1877. — Buchner, Die Nägeli'sche Theorie, Leipzig 1877. — Wernich, Die Entwicklung der organisirten Krankheitsgifte, Berlin 1880. — Virchow's Archiv 78, Heft 1. — Cohn's Beiträge 3, 105. — Koch, Cohn's Beiträge 1. Bd., 2. und 3. Heft. — Untersuchungen über die Aetiologie der Wundinfectionskrankheiten, Leipzig 1878. —

Billroth, Untersuchungen über die Vegetationsformen von Coccobacteria septica etc. Berlin 1874. — Klebs, im Arch. f. exp. Pathol. und Pharmakol., Leipzig 1873—1880. — Artikel „ansteckende Krankheiten" in Eulenburg's Realencyclopädie. — Virchow, Die Fortschritte der Kriegsheilkunde, Berlin 1874. — Virchow's Archiv 78. — Eidam, Der gegenwärtige Stand der Mycologie mit Rücksicht auf die Lehre von den Infectionskrankheiten, 2. Aufl. Berlin 1872. — Pasteur, Ann. chim. Phys. 54, 1. — 58, 323. — C. R. 88, ff. — Béchamp, ibid. — Fremy, Sur la génération des ferments, Paris 1875. — Tyndall, Lancet, 2, 892. — Hallier, Die pflanzlichen Parasiten etc. Leipzig 1865. — De Bary, Ueber Schimmel und Hefe, Berlin 1869. — Hoffmann, Botan. Zeitg. 1863. 306. — 1869. — Grawitz, Virchow's Archiv 70, 546. — Nägeli, Theorie der Gährung, München 1879. — Hüfner, Journ. f. prakt. Chem. N. F. 5, 372. — 10, 148, 385. — Liebig, Ann. Chem. Pharm. 153, 1 und 137. — M. Traube, Chem. Ber. 7, 115. — Brefeld, Methoden zur Untersuchung der Pilze. Verhandl. d. phys.-med. Gesellsch. in Würzburg, N. F. 8. — 2) Hoppe-Seyler, Arch. f. d. ges. Phys. 12, 1. — Physiologische Chemie, Berlin 1877. 1. Theil, p. 116. — 3) Nägeli, l. c. p. 25 ff. — 4) Aus Nägeli, l. c. p. 32. — 5) Koch, l. c. — 6) Cohn, Untersuchungen über Bacterien. Beiträge zur Biologie der Pflanzen, I, 2. Heft, p. 127. — 3. Heft, p. 141. — Nägeli, l. c. p. 22 und 23. — 8) Wernich, Grundriss der Desinfectionslehre, Wien und Leipzig, 1880, p. 52 ff. — 9) Wernich, Die Entwicklung der organisirten Krankheitsgifte, Berlin 1880, p. 35. — 10) Hüfner, l. c. — Erlenmeyer, Sitzber. d. k. bayr. Ak. d. W. 1875, 82. — Paschutin, Med. Centralblatt 1872, 97. — Arch. f. Anat. und Phys. 1873, 282. — Grützner, Arch. f. d. ges. Phys. 8, 126. — 11) Nach Hoppe-Seyler, Handb. d. physiolog. u. path. chemischen Analyse, 4. Aufl. Berlin. — 12) Nencki, Chem. Ber. 8, 336. — 13) Brieger, Journ. f. prakt. Ch. (2), 17, 124. — Chem. Ber. 12, 1985. — 14) Landolt, Chem. Ber. 4, 770. — 15) Plugge, Zeitschr. f. anal. Chem. 11, 173. — 16) Schiff, Ann. Chem. Pharm. 159, 164. — 17) Lex, Chem. Ber. 3, 457. — Salkowski, Arch. f. Physiol. 5, 353. — 18) Koppeschaar, Zeitschr. f. anal. Chem. 15, 233. — 19) Koch, Cohn's Beiträge zur Biologie der Pflanzen, 2. Band, 3. Heft, pag. 402 ff. — 20) Gerlach, Die Photographie als Hülfsmittel mikrosk. Forschung, Leipzig 1863. — Beneke, Die Photographie als Hülfsmittel etc., Braunschweig 1868. — Reichardt und Stürenburg, Lehrbuch der mikroskopischen Photographie, Leipzig 1868. — Vogel, Lehrbuch der Photographie, Berlin 1874. — 21) Koch, Untersuchungen über die Actiologie der Wundinfectionskrankheiten, Leipzig 1878, pag. 29. — 22) Salomonsen, Studier over Blodets etc., Kopenhagen 1877. — Ref. im Jahresber. f. Phys. 1877. — 23) Cohn's Beiträge, Bd. 1, Heft 2, pag. 195. — Bucholtz, Arch. f. exp. Path. 4, 1. — 24) Wernich, Virchow's Arch. 78, 1. — 25) Ueber Untersuchung von Desinfectionsmitteln vgl. folg. neuere Arbeiten: Letheby, food, water and air, 3, 7. — Publ. Health 2, 300. — Med. Tim. and Gaz. 2, 487. — Glasgow Medic. Journ. 5, 145. — Dougall, Publ. Health 3, 277. — Med. Tim. and Gaz. 1872. — Baxter, Publ. Health 6, 301. — Adams, Brit. med. Journ. 1873. Nov. — Kramers, Publ. Health 7, 37. — Mansfield, Philad. med. and surg. Report. 36, 353. — Ransom, Sanit. Rec. 6, 291. — Bartlett, Sanit. Record, 3, 349. — Wanklyn, Brit. med. Journ. 1873. 275. — Crace Calvert, Med. Times and Gaz. 1872. — Lane Notter, Lancet 1879. — The Dublin. Journ. 1879. Sept. — Bond, Archiv médic. Belgique 7, 12. — Wernich, Grundriss der Desinfectionslehre, Wien und Leipzig 1880. — Kletzinsky, Wien. med. Woch. 1866, 60. — Salkowski, Viert. f. ger. Med. 23, 375. — Camerer, Württ. med. Corr. 1875. — Vojda u. Heymann, Wien. med. Presse 1875. 6. — Mehlhausen, Ber. d. Chol. Comm. für das Deutsche Reich 4. 341. —

Schotte u. Gärtner, V. f. öff. Ges. 12. 337. — 26) Wernicke, Dissertat. Dorpat 1879. — Neubauer u. Kolbe, J. f. prakt. Ch. Bd. 11. — Fleck, Benzoësäure, Carbolsäure etc. München 1875. — Baierlacher, Bayr. Intell. Bl. 1876. — 27) Buchholtz, Arch. f. exp. Path. 4. 1. — 28) Wernich, Virchow's Archiv 78. 1. — 29) Frankland, Proc. of the Roy. Soc. 25. 542. — ref. Naturforscher, 1877. — Wernich, Virchow's Arch. 79. 3. — Pettenkofer, Ber. d. Bayr. Ak. d. Wiss. 1879. Mai. — Naegeli, ibid. Juni. — 30) Wernich, Chem. Centralbl. 1879. 343. — Schotte u. Gärtner, l. c. — 31) Schotte u. Gärtner, l. c. — 32) Dougall, Glasgow med. Journ. 1872. — Davaine, C. R. 72. — 84. — Koch, Beitr. z. Biol. d. Pfl. 2. Band. 2. Heft. — Baxter, l. c. — 33) Barker, l. c. — Dougall, l. c. — Camerer, Württ. Corr. Bl. 44. 40. — 45. 29. — 34) Erismann, Zeitschr. f. Biol. 11. 207. —

Sechster Abschnitt.

Untersuchung der speciellen Umgebung des Menschen.

In den bisherigen Abschnitten wurde die Untersuchung der natürlichen Umgebung des Menschen und der allgemeinen Lebenssubstrate besprochen; es erübrigt nunmehr diejenigen Methoden näher kennen zu lernen, welche zur Untersuchung der künstlichen, theils zum Schutz gegen eine alterirende Einwirkung der natürlichen Einflüsse, theils aus Anlass des Zusammenlebens mit einer grösseren Anzahl von Individuen vom Menschen geschaffenen Umgebung dienen. Die Untersuchung in dieser Richtung betrifft zunächst die Kleidung, durch welche der Mensch namentlich die Differenzen des Klimas und der Witterung auszugleichen sucht; sodann die Wohnung, die ihm in noch höherem Grade Schutz gegen jedes extreme Verhalten der Luft, des Bodens etc. gewährt und ihm ein eigenartiges, regulirbares Klima, aber gleichzeitig auch manche Gefahren bringt, die ihm ausserhalb des Wohnhauses nicht drohen. Ferner liegen in dem Beruf und der Beschäftigung manche Einflüsse, welche gesundheitsgefährlich wirken können und daher eine Untersuchung dieser Gefahren erfordern; endlich bedingt das Zusammenleben der Menschen eine Reihe von epidemischen Krankheiten, deren Ursachen durch eine rationelle hygienische Untersuchung der menschlichen Umgebung zu Tage gefördert werden müssen. — Anhangsweise wird in diesem Abschnitt schliesslich noch die Methode der statistischen Beobachtung zu behandeln sein, welche gleichsam das Facit aus dem Kampf des Menschen mit den schädlichen Einflüssen seiner natürlichen und künstlichen Umgebung zieht. —

Untersuchung der speciellen Umgebung des Menschen.

Uebersicht der Darstellung.

I. Untersuchung der Kleidung.

Die Untersuchung der Kleidung im hygienischen Interesse erstreckt sich auf die Natur ihrer Elemente, sodann auf ihre physikalischen oder chemischen Eigenschaften, soweit diese auf das menschliche Wohlbefinden influiren können; dabei werden theils chemische oder physi-

Untersuchung der Kleidung.

kalische Hülfsmittel, und namentlich häufig das Mikroskop zur Untersuchung verwandt.

Mikroskopische und mikrochemische Prüfung der Kleiderstoffe.

Ueber die Natur der Elemente einer Kleidung giebt am sichersten die mikroskopische Prüfung in Verbindung mit einigen mikrochemischen Reactionen Aufschluss. Behufs einer solchen Untersuchung werden einzelne Fäden einfach in Wasser mit einer Nadel zerfasert und dann mit einer Vergrösserung von etwa 300 beobachtet; Querschnitte durch Gewebe kann man herstellen, wenn man letztere in Paraffin einschmilzt, oder noch besser, wenn man Leim benutzt, dem etwas Glycerin beigemengt ist; die so erhaltenen Schnitte werden dann in Canadabalsam eingelegt.

Charakteristik der Baumwolle,

Baumwolle (Fig. 26. Taf. IV) zeigt Fasern von stark variirender Länge, 0,011 – 0,037 mm im Durchmesser; dieselben sind gewöhnlich kegelförmig, nach dem unteren Ende zu verjüngt; die Form der Enden ist stumpf, die Faser selbst ist plattgedrückt. Man unterscheidet ein Lumen, einen lufterfüllten Hohlraum, und die Zellwand, deren Dicke $^1/_3$ bis $^2/_3$ vom Durchmesser der Zelle beträgt. Häufig sind die Fasern korkzieherförmig um ihre Achse gedreht. Die Zellwand ist von einem zarten Häutchen, der Cuticula bedeckt; diese wird durch Kupferoxydammoniak, welches im übrigen eine blasige Auftreibung bewirkt, nicht zerstört. Durch Jod und Schwefelsäure wird die Baumwollenfaser blau gefärbt, durch Jod braun. — Flachs (Fig. 27). Die Flachsfasern zeigen mehr weniger rein Bastzellen von etwa 0,007 bis 0,024 mm Breite, mit gleichmässig stark verdickten Zellwänden und engem, fast verschwindendem Lumen. Jod und Schwefelsäure färbt die Bastzellen blau, die übrigen etwa anhaftenden Parenchymtheile gelb bis braun. Kupferoxydammoniak bewirkt unregelmässige Auftreibung. — Hanf (Fig. 28). Bastzellen von bedeutender Länge und 0,015 bis 0,028 mm Breite. Die Faser zeigt gewöhnlich eine parallele Streifung; das Lumen beträgt durchschnittlich ein Drittel des Zelldurchmessers. Jod und Schwefelsäure bewirken grünliche Farbe; Kupferoxydammoniak bedingt starkes Aufquellen und partielle Lösung der Faser, wobei die jüngste Verdickungsschicht, die Samenhaut, als sackartig zusammengefalteter Schlauch zurückbleibt. — Jute (Fig. 29). Unregelmässige Zellen, Zellwand stellenweise verdickt und das Lumen daher bald enger bald weiter. Jod und Schwefelsäure färben dunkelgelb; Kupferoxydammoniak färbt bläulich und bewirkt schwache Aufquellung. — Wolle (Fig. 30). Haare von 0,04 bis 0,32 M. Länge und 0,014—0,06 mm Dicke. Die epithelartige Membran besteht aus dünnen sich dachziegelähnlich deckenden Plättchen von unregelmässiger Form. Alte Fasern zerfallen in Längs-Fibrillen, und zugleich verschwinden die die Rauhigkeit bedingenden Vorsprünge; ausserdem wird die Querstreifung, welche die Basis der Schuppen andeutet, weniger deutlich. Kupferoxydammoniak bewirkt schwache Aufquellung und Deutlicherwerden der Schuppen; Schwefelsäure und Salzsäure löst die Wolle unter Rothfärbung. Fuchsin, Rosanilin färben dieselbe roth. — Seide (Fig. 31). Solide, homogene Fäden mit scharflinigen Conturen und von 0,009 bis 0,021 mm Durchmesser. In Säuren und Alkalien quellen die Fäden auf; in conc. Schwefelsäure, Aetzalkalien und in Kupferoxydammoniak lösen sie sich nach einiger Zeit auf. — In der Kunstwolle, die durch Verarbeiten von Wolllumpen mit neuer Wolle hergestellt und als Mungo (kurzhaarige Sorte) oder Shoddy bezeichnet wird, finden sich die verschiedensten Formen neben einander (Fig. 32), und namentlich sind die Wollfäden sehr unregelmässig, bald dicker, bald dünner, stellenweise ohne die Schuppen etc.

(Randbemerkungen: des Flachses, — des Hanfs, — der Jute, — der Wolle, — der Seide, — der Kunstwolle.)

Schema zur mikroskopischen Differential-Diagnose der Kleidungsstoffe.

Für die Differential-Diagnose giebt Schlesinger[1] folgendes Schema:

A. Die Faser zeigt ein deutliches Lumen.

- Das Lumen ist meist grösser als der halbe Durchmesser
  - Der Zolldurchmesser ist meist kleiner als 0,04 mm. Kupferoxydammoniak bewirkt blasenförmiges Aufquellen. = Baumwolle.
  - Der Zolldurchmesser ist meist grösser als 0,04 mm. = Chinagras.
- Das Lumen ist meist kleiner als der halbe Durchmesser
  - Das Lumen ist regelmässig
    - Es erscheint meist auf eine Linie reducirt = Flachs.
    - Es beträgt $1/4$—$1/2$ Zoll Durchmesser.
      - Kupferoxydammoniak bewirkt schwaches Aufquellen = Neuseeländischer Flachs.
      - Kupferoxydammoniak bewirkt starkes Aufquellen = Manillahanf.
  - Das Lumen ist unregelmässig
    - Kupferoxydammoniak bewirkt partielle Lösung = Hanf.
    - Kupferoxydammoniak bewirkt Aufquellung, aber nicht Lösung = Jute.

B. Die Faser hat kein Lumen.

- Ist strukturlos = Seide.
- Hat auf ihrer Oberfläche Schuppen = Wolle.

Unterscheidung der Kleidungsstoffe durch chemische Reagentien.

Durch chemische Reagentien ist eine Unterscheidung der verschiedenen Fasern in folgender Weise ausführbar:

Thierische Fasern (Seide, Wolle) gegenüber pflanzlichen (Flachs, Hanf, Baumwolle). Beim Kochen mit Kalilösung von 1040—1050 spec. Gew. lösen sich die ersteren auf, letztere nicht. Pikrinsäure in wässriger Lösung färbt die thierischen Fasern intensiv gelb, die vegetabilischen schwach oder gar nicht. Seide und Wolle brennen angezündet nicht fort, sondern bilden eine feste Kohle und entwickeln dabei den Geruch nach verbrannten Federn; vegetabilische Fasern brennen fort und geben keinen derartigen Geruch. — Seide löst sich weit leichter als Wolle, so in Salpetersäure, Ammoniak, heisser concentrirter Chlorzinklösung; ferner in concentrirter Schwefelsäure, welche letztere nach längerer Einwirkung freilich auch die Wolle angreift, weshalb man nach Auflösung der Seide die Mischung stark verdünnen muss. Kupferoxydammoniak löst binnen $1/2$ Stunde Baumwolle, binnen 24 Stunden Seide, Leinen bleibt intact, Wolle quillt nur etwas. — Wolle und Baumwolle kann man durch Kochen mit Soda trennen, welche die Wolle auflöst. — In verdünnte lauwarme Chromsäurelösung getaucht und dann abgewaschen, erscheinen Woll- und Seidefäden gelb, Baumwolle dagegen ungefärbt (Jacquemin). — Ferner kann man Rosanilinlösung als Unterscheidungsmittel benutzen. Letztere stellt man her durch Kochen von einigen gr Fuchsin in 30 gr Wasser, tropfenweises Zufügen

von Natronlauge zur kochenden Flüssigkeit, bis dieselbe farblos erscheint, und Filtriren. Das Gemisch von Baumwolle und Wolle taucht man in die warme Rosalinlösung und spült mit kaltem Wasser gut ab; die Wolle ist dann roth gefärbt, während Baumwolle nicht die mindeste Färbung zeigt (LIEBERMANN). — Um Wolle und Leinen zu unterscheiden, taucht man die Fäden in Oel, worauf der Leinenfaden allein durchsichtig wird. — Nach BOETTGER taucht man den ausgefranzten Zeugstreifen kurze Zeit in eine verdünnte alkoholische Lösung von Anilinroth (0,5 gr Fuchsin in 60 gr Brennspiritus), spült mit Wasser ab und legt die Fasern feucht 1—3 Minuten in ein Schälchen mit Salmiak; die Baumwollfäden erscheinen dann in kurzem weiss, die Leinenfäden rosa. — VETILLARD verwendet folgende Methode: das Gewebe wird zerfasert und alle Farbe oder Appretur möglichst entfernt. Dann werden mikroskopische Quer- und Längsschnitte hergestellt, dieselben durch Glycerin oder Chlorcalcium durchsichtig gemacht und mit einer Lösung von Jod in Jodkalium behandelt. Nachdem der Ueberschuss dieser Lösung entfernt ist, wird ein Tropfen verdünnter Schwefelsäure zugefügt und dann untersucht man die Schnitte unter dem Mikroskop. Bei Leinenfasern ist dann die Faser blau, der Kanal gelb, auf dem Querschnitt erscheinen sie blau mit gelbem Mittelpunkt; Baumwollfasern erscheinen blau gefärbt, auf dem Querschnitte rund, nierenförmig, blau mit gelben Flecken. — Von PINCHON ist folgendes Reactionsschema für die Unterscheidung der verschiedenen Faserstoffe aufgestellt (s. pag. 481):[2]

Untersuchung der physikalischen Eigenschaften der Kleider.

Die Untersuchung der physikalischen Eigenschaften der Kleider hat zunächst ihr Verhalten zur Körperwärme zu beachten. Letzteres hängt ab 1) von dem Ausstrahlungsvermögen der Kleidungsstoffe. Man kann dasselbe ungefähr messen, wenn man Blechcylinder mit heissem Wasser füllt und dann deren Abkühlung bei einigermassen constanter Aussentemperatur beobachtet, während man die Aussenfläche des Cylinders

Messung des Ausstrahlungsvermögens der Kleidungsstoffe für Wärme.

mit verschiedenen Geweben umkleidet. KRIEGER[3]) benutzte zu solchen Versuchen cylindrische Blechbüchsen von 12,6 cm Höhe, 26 cm Umfang und $^1/_2$ Liter Capacität; später auch solche mit doppelter Höhe und doppelter Capacität. In dem oberen Theile der Blechbüchsen sind Deckel von Blech mit doppelten Boden genau eingefügt, welche nach der Füllung mit Wasser, um einen dampfdichten Verschluss herzustellen, eingelöthet werden. In der Mitte der Deckel sind kreisrunde Oeffnungen für Korkpfropfen, in deren Mitte Thermometer gleich tief in das Wasser eingelassen werden. Bei den Versuchen wird das Wasser über Spirituslampen bis zu gleichmässiger Höhe von 45—46° C. erwärmt, dann werden sie mit den zu prüfenden Substanzen umkleidet, auf dicke Unterlagen von schlechten Wärmeleitern gestellt und für möglichst gleichmässige äussere Abkühlungsbedingungen gesorgt. Nach einer gewissen

Krieger'sche Cylinder.

Zeit, von der man annehmen darf, dass während derselben die Wärme gleichmässig die Umhüllung durchdrang, wird die Anfangstemperatur, Zeit und Zimmertemperatur notirt. Ebenso wird am Ende des Versuchs, wenn sich das Wasser in den Blechbüchsen um mehrere Grade abgekühlt hat, Zeit, End- und Zimmertemperatur notirt. — Bezeichnet man

Reactionsschema zur Erkennung verschiedener Faserstoffe in Geweben und Gespinnsten nach Pinchon.

Pinchon's Reactions-schema zur Diagnose der Kleiderstoffe.

Durch Behandlung mit Natron- oder Kalilösung wird:

- Alles aufgelöst.
  - Gänzlich löslich in neutralem Zinkchlorür in der Kälte.
    - Die alkalische Lösung schwärzt sich nicht bei Zusatz von Bleisalzen . . . . **Seide.**
  - Nur theilweise in Zinkchlorür (kalt) löslich oder gar nicht.
    - Theilweise gelöst.
      - Gelöster Theil schwärzt sich nicht auf Bleizusatz — der andere jedoch **Wolle u. Seide.**
    - Ungelöst. Schwärzt sich auf Zusatz von Bleisalz . . **Wolle.**
- Unlöslich
  - Chlorwasser mit Ammoniakzufügung machen die Faser rothbraun.
    - Die Faser röthet sich auf Zusatz von Salpetersäure und Untersalpetersäure . . . . . . **Phormium.**
  - Es ist dies der Fall.
    - Die Faser röthet sich mit alkoholischer Fuchsinlösung ($^1/_{20}$) und die Färbung widersteht dem Waschen.
      - Faser wird gelb durch Jod und Schwefelsäure **Hanf.**
    - Faser wird gelb durch Kalilösung.
      - Faser bläut sich dadurch . . . . . . **Flachs.**
    - Die angegebene Färbung des Fuchsin verschwindet bei Waschung. Kalilösung macht die Faser nicht gelb . . . . **Baumwolle.**
- Ein Theil des Stoffes gelöst.
  - Die Faser ist angegriffen.
    - Neutrales Zinkchlorür löst einen Theil.
      - Ein Theil schwärzt sich mit Bleisalz.
        - Kalilösung löst den noch unlöslich gebliebenen Theil und den Rest das Schweitzer'che Reagens. **Wolle, Seide u. Baumwolle.**
      - Es schwärzt sich nichts mit Bleisalzen.
        - Ein Theil ist gelb geworden durch Pikrinsäurelösung, der andere bleibt weiss, **Seide und Baumwolle.**
    - Keine Lösung.
      - Ein Theil ist durch Salpetersäure gelb gefärbt, der andere nicht . . . . **Baumwolle und Flachs.**

mit T = die Wassertemperatur zu Anfang und mit t diejenige zu Ende einer Zeitperiode z, ferner mit C die Wärmeabgabe pro Zeiteinheit und pro 1° Temperaturdifferenz, also eine die Oberflächenbeschaffenheit ausdrückende Constante, so berechnet sich das Verhältniss der Wärmeabgaben von 2 zu vergleichenden Cylindern C_1 und C_2 nach der Formel

Berechnung der Versuche.

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{T_1 - t_1}{T_2 - t_2} \cdot \frac{T_2 + t_2 - Tz - tz}{T_1 + t_1 - Tz - tz},$$

oder wenn man nur eine Blechbüchse benutzen und aus deren Erkaltungsgeschwindigkeit die Constante C berechnen will, so bezeichnen C_1 und C_2 die zugehörigen Werthe des ersten und des zweiten Versuchs und die Formel lautet dann:

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{T_1 - t_1}{T_2 - t_2} \cdot \frac{T_2 + t_2 - Tz_2 - tz_2}{T_1 + t_1 - Tz_1 - tz_1} \cdot \frac{Z_2}{Z_1}.$$

Liest man die gleiche Anzahl von Graden ab, so vereinfacht sich die Formel in

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{Z_2}{Z_1} \cdot \frac{T_2 + t_2 - Tz_2 - tz_2}{T_1 + t_1 - Tz_1 - tz_1},$$

und bei gleicher Zimmertemperatur in $\frac{C_1}{C_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$. — Da die Cylinder ausser durch Strahlung auch durch Leitung Wärme verlieren, so sind die beobachteten Differenzen in der Abkühlung nur dann allein auf das verschiedene Strahlungsvermögen der Kleider zu beziehen, wenn nachgewiesen ist, dass die Abgabe durch Leitung bei jedem Versuch dieselbe Grösse erreichte. Dieser Bedingung wird nun dadurch genügt, dass man zwei zu vergleichende Stoffe über einander auf dem Cylinder befestigt und bei den Versuchen nur die Reihenfolge derselben variirt; die Leitungswiderstände sind dann beide Male gleich und hervortretende Differenzen in der Wärmeabgabe können lediglich auf das specifische Strahlungsvermögen des oberflächlich gelagerten Stoffes bezogen werden.

Fehlerquellen der Versuche.

Selbstverständlich können mit dieser Versuchsanordnung nur approximative Resultate erzielt werden; bedeutende Fehlerquellen liegen in der Wärmeabgabe der nicht umkleideten Cylinderflächen, namentlich aber in der Schwierigkeit, eine gleichmässig straffe Umhüllung des Cylinders und dadurch eine nur einigermassen constante Oberfläche zu erreichen. Ferner ist auch auf die Constanz der Temperaturen im Cylinder und ausserhalb desselben etc. weit grössere Sorgfalt zu verwenden, wenn genaue Resultate gewonnen werden sollen.

Bestimmung der Absorption der Wärme durch die Kleider.

Zur Bestimmung der Absorption der Wärmestrahlen durch verschiedene Kleidungsstoffe, die hauptsächlich durch deren Farbe beeinflusst wird, benutzt man ebensolche Cylinder oder aber einfach Thermometer, die man mit den betreffenden Kleidungsstoffen umhüllt und den Sonnenstrahlen resp. dunkelen Wärmestrahlen aussetzt. Auch hier erhält man nur annähernde relative Werthe; die Cautelen, die bei der

Construction des Vacuumthermometers nöthig sind, müssen in ähnlicher Weise auch auf diese Versuche übertragen werden.

Auf die Wärmeabgabe vom Körper ist ferner das specifische Leitungsvermögen des Kleiderstoffs für Wärme, und demnach die für die Wärmeleitung resultirende Weglänge, oder die Dicke der Stoffschicht; vor allem aber ferner der Luftgehalt der Kleider, die Menge der capillaren, mit Luft erfüllten Poren, von Einfluss. Ausserdem wirken noch der Feuchtigkeitsgehalt der Kleider, sowie die Durchlässigkeit derselben, von welcher letzterer der schnellere oder langsamere Ausgleich der den Körper umgebenden Luftschichten mit denen der Atmosphäre abhängt, wesentlich auf die Schnelligkeit der Wärmeabgabe ein. — Eine ungefähre Vergleichung der Wärmeleitung verschiedener Kleidungsstoffe ist dadurch zu erreichen, dass man bei den Versuchen mit den oben beschriebenen Cylindern die Wärmeabgabe bei einfacher und dann bei doppelter und dreifacher Umhüllung untersucht; die Behinderung der Wärmeabgabe, die dann eintritt, ist der Hauptsache nach auf die erschwerte Wärmeleitung zu beziehen. Eine Luftschicht von geringer Dicke zwischen den Stofflagen ist dabei jedoch von solchem Einfluss, dass die durch verschiedene Stoffe bedingten Differenzen ganz verwischt werden. — Jede genauere Bestimmung würde die ganze Reihe von Momenten berücksichtigen müssen, von denen die Wärmeabgabe durch die Kleider abhängt und hat namentlich wegen der Porosität und Durchlässigkeit der in Frage kommenden Stoffe mit Schwierigkeiten zu kämpfen, die noch nicht annähernd überwunden sind.

Prüfung der Wärmeleitung der Kleidungsstoffe.

Schwierigkeiten einer genauen Bestimmung des Einflusses der Kleider auf die Wärmeabgabe.

Luftgehalt oder Porosität, Durchlässigkeit, Condensationsvermögen sind bei den Kleidungsstoffen ebenso zu beachten wie beim Boden; hier wie dort bedingen diese Eigenschaften namentlich das Verhalten der Kleider zum flüssigen und dampfförmigen Wasser und bewirken dadurch auch einen erheblichen Einfluss auf die Wasserabgabe vom Körper. Zur Bestimmung dieser Eigenschaften der Kleider sind indess noch wenige Methoden erprobt, obwohl v. Pettenkofer[4] vor einer Reihe von Jahren auch auf diesem Gebiete mit bahnbrechenden Experimenten voranging. Das Verhalten zum Wasser ist dadurch ungefähr abzuschätzen, dass man zunächst die wasserhaltende Kraft durch Wägen der in einem durchnässten und dann vollständig ausgepressten Stück des Kleidungsstoffs enthaltenen Wassermenge bestimmt; dass man ferner die Verdunstungsgrösse durch die Gewichtsabnahme des durchnässten Zeuges innerhalb gewisser Zeiten, und das Condensationsvermögen dadurch ermittelt, dass man die Gewichtszunahme eines trocken gewogenen Stückes innerhalb eines Raumes von bekannter Temperatur und Feuchtigkeit feststellt. — Für die Durchlässigkeit der Kleidungsstoffe für Luft gewinnt man einen annähernden Ausdruck, wenn man Glasröhren am einen Ende mit einer Schicht des Zeuges überzieht, und dann einem Luftstrom von gemessener constanter Geschwindigkeit, z. B. dem gewöhnlichen Leuchtgasstrom dadurch aussetzt, dass man das andere Ende mittelst Kautschukschlauchs dicht mit einem geöffneten Gasleitungsrohr verbindet; schaltet man zwischen Glasrohr und Gashahn eine Gasuhr ein,

Prüfung des Verhaltens der Kleidungsstoffe zum Wasser.

Bestimmung der Durchlässigkeit der Kleider für Luft.

so kann man aus deren Angaben über die Menge des in der Zeiteinheit durch das Zeug geströmten Gases die relative Durchlässigkeit des Kleidungsstoffs entnehmen. — Um endlich die Absorptionsfähigheit der Kleider für Gase zu messen, hat man gewogene trockene Stücke derselben verschiedenen Gasen, wie Ammoniak etc. ausgesetzt und durch Bestimmung der Gewichtszunahme die Menge des aufgenommenen Gases ermittelt.[5]

Fehlerquellen dieser Bestimmungen.

Die bisher für diese Untersuchungen verwendeten Methoden sind den zahlreichen Fehlerquellen unterworfen, auf die bereits beim Boden aufmerksam gemacht wurde; manche besondere Schwierigkeiten treten speciell für die Untersuchung der Kleider noch hinzu. So kommt bei der Prüfung der Durchlässigkeit alles darauf an, dass man den Kleiderstoff in stets derselben Spannung, ohne Faltungen und ohne Dehnung der Oberfläche auf dem Glasrohr befestigt; kleine Abweichungen bewirken hier schon erhebliche Fehler. Eine exacte Untersuchung der physikalischen Eigenschaften der Kleidung ist daher vorläufig nur durch complicirtere Laboratoriumsarbeiten möglich. Für die Praxis muss es einstweilen ausreichen, dass man die Zusammensetzung eines Gewebes nach der Natur seiner Fasern durch mikroskopische und chemische Analyse erkennt; damit ist gleichzeitig ein gewisser, in den meisten Fällen genügender Aufschluss über einige physikalische Eigenschaften und namentlich über das Verhalten des Gewebes zum Wasser gegeben, da man aus einer Reihe von Versuchen weiss, dass z. B. Leinwand sehr rasch Wasser aufnimmt, ihre Poren mit Wasser völlig erfüllt, und dann ebenso rasch das Wasser wieder abdunsten lässt, während Wolle ein gleichmässigeres, regulirendes Verhalten zeigt und die Elasticität ihrer Fasern auch im nassen Zustande beibehält.

Untersuchung auf giftige Farben.

Zuweilen werden Kleidungsstoffe mit giftigen Farben imprägnirt, die im hygienischen Interesse nachzuweisen sind, und deren Reactionen hier kurz zusammengestellt werden sollen. — Zu giftigen anorganischen Farben werden hauptsächlich folgende Bestandtheile verwandt: Weiss: Bleiweiss (basisch-kohlensaures Blei); Antimonoxyd; Zinkoxyd; Roth: Mennige; Bleichromat; Schwefelarsen; Gelb: Chromsaures Blei, Zink, Barium; Schwefelantimon; Quecksilberoxydsalze; Blau: Kobaltsmalte, die oft arsenhaltig ist; Kupfersalze; Grün: essigsaures und kohlensaures Kupfer; arsenigsaures Kupfer; Schwarz: Schwefelblei; Kupferoxyd. Giftige organische Farbstoffe sind Cardol (schwarz), Gummigutt (gelb), Pikrinsäure (gelb). —

Unzulässige und zulässige Farben.

Die viel gebrauchten Anilinfarben waren früher, als noch regelmässig Arsen bei ihrer Fabrikation verwendet wurde, durch einen Gehalt an Arsenverbindungen sehr giftig; neuerdings kommt diese Art der Fabrikation kaum mehr vor, und es ist kein Grund vorhanden, um die Anilinfarben als Zeugfarben zu beanstanden, wenn sie kein Arsen enthalten. Die geringe Giftigkeit des reinen Fuchsins spricht dagegen für eine völlige Ausschliessung desselben von den zur Färbung von Nahrungsmitteln, Conditorwaaren etc. zulässigen Stoffen. — Das Corallin scheint ebenfalls im reinen Zustande nicht giftig und für die Färbung von Kleiderstoffen ohne Nachtheil verwendbar zu sein. — Dagegen werden häufig giftige Beizen bei der Zeugdruckerei verwendet und dadurch reichliche Mengen Arsenik auch in weiss, braun oder roth gefärbte Zeuge gebracht. — Als vollständig unschädliche, auch für die Färbung von Conditorwaaren

zulässige Farben bezeichnet das Reichsgesundheitsamt für Roth: Cochenille, Karmin, Krapproth, Saft von Rüben und Kirschen; für Gelb: Safran, Saflor, Curcuma, Ringelblumen, Gelbbeeren; für Blau: Indigolösung, Lackmus, Saftblau; für Grün: Saft von Spinat und Mischungen der gelben Farbstoffe mit den blauen; für Violett: Mischungen der unschädlichen blauen und rothen Farben; für Braun: gebrannten Zucker und Lakritzensaft; für Weiss: Stärkemehl und feinstes Weizenmehl; für Schwarz: chinesische Tusche etc.

Zur Untersuchung theilt man die abgeschabte Farbe in 2 Portionen; die eine prüft man auf giftige Metalle, indem man sie mit Salpetersäure oder Königswasser auskocht und die mit Wasser verdünnte und filtrirte Lösung in üblicher Weise mit Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium versetzt; entsteht ein Niederschlag, so sind Metalle zugegen, die dann nach dem gewöhnlichen qualitativen Schema getrennt werden können. Speciell über den Nachweis von Blei s. pag. 300. Die andere Portion der zu untersuchenden Farbe prüft man auf organische verdächtige Farbstoffe; auf Pikrinsäure nach pag. 400; auf Fuchsin durch die schön rothe, nicht mit Wasser abzuwaschende Färbung, welche Woll- oder Seidenfäden im wässrigen oder alkoholischen Auszug der Farben annehmen; auf Cardol, indem man mit Aether digerirt und mit der ätherischen Lösung auf weissem Papier oder weisser Leinwand schreibt; benetzt man die Schriftzüge mit Kalkwasser, so werden sie bei Gegenwart von Cardol intensiv schwarz und werden dann weder von verdünnten Säuren noch von Alkalien angegriffen. Um Gummigutt nachzuweisen, zieht man mehrere Male mit 98%igem Alkohol aus, dunstet die Auszüge ab, übergiesst mit Chloroform und lässt unter häufigem Umrühren längere Zeit stehen. Der Chloroformauszug wird abgedunstet, der Rückstand mit einer wässrigen Lösung von kohlensaurem Natron anfangs mässig erwärmt und dann zum Kochen erhitzt. Das Harz löst sich nun mit gelbrother oder hyacinthrother Farbe auf und wird beim Versetzen dieser Lösung mit einem Ueberschuss verdünnter Schwefelsäure als schön gelber Körper gefällt[6]. Der Nachweis des zu Farben oder Beizen verwandten Arsens geschieht am sichersten und einfachsten im MARSH'schen Apparat.

Prüfung auf Metalle; auf Pikrinsäure, Fuchsin, Cardol; auf Gummigutt.

Zur Prüfung verwendet man entweder direct kleine Stückchen des verdächtigen Stoffs; oder man zerstört erst in einer grösseren Portion die organische Substanz durch Digeriren mit chlorsaurem Kali und Salzsäure und behandelt die salzsaure Lösung mit Schwefelwasserstoff; das Arsen scheidet sich als Schwefelarsen ab; man verwandelt dasselbe durch rauchende Salpetersäure in Arsensäure, verdampft die Salpetersäure vollständig und bringt den Rückstand in den Apparat. Letzterer besteht aus einem Kochfläschchen mit doppelt durchbohrtem Kork, in dem eine Eingussröhre steckt und ein kurz unter dem Kork abgeschnittenes aussen rechtwinklig umgebogenes Glasrohr aus böhmischem Glase; an verschiedenen Stellen ist letzteres Rohr etwas ausgezogen, so dass sein Lumen erheblich verengt ist; schliesslich endet es mit aufwärts ragender offener Spitze. Das Kochfläschchen wird mit reinem, arsenfreien Zink und reiner, arsenfreier Salzsäure beschickt; dadurch entwickelt sich Wasserstoff,

Nachweis des Arsen's.

der durch die gebogene Röhre entweicht und beim Anzünden an der offenen Spitze mit schwach leuchtender Flamme zu Wasser verbrennt. Fügt man nun eine Arsenverbindung der Mischung lm Kölbchen zu, so reducirt der Wasserstoff die arsenige und Arsensäure zu Arsenwasserstoff, und dieser entweicht mit dem Wasserstoff. Arsenwasserstoff wird aber durch Hitze zerlegt; erwärmt man daher eine Stelle des Ableitungsrohrs und zwar am besten hinter einer der Verengungen, so scheidet sich an der engeren Partie das Arsen als Metallspiegel ab. Ferner verbrennt Arsenwasserstoff zu Arsenigsäureanhydrid und Wasser; aber bei starker Abkühlung der Flamme oder bei ungenügendem Luftzutritt verbrennt nur der Wasserstoff zu Wasser und Arsen scheidet sich als solches ab; hält man daher eine kalte Porcellanfläche in die Flamme, so beschlägt dieselbe mit einem Arsenspiegel. Die specielle Diagnose dieser Flecken und die Unterscheidung gegenüber den ähnlichen Antimonflecken führt man durch Betupfen mit einer chlorfreien Lösung von unterchlorigsaurem Natron; Arsenflecke verschwinden dann sofort, während Antimonflecken bestehen bleiben; ferner durch den Knoblauchgeruch und die weissliche Flammenfärbung, welche beim Erhitzen des Spiegels entsteht; drittens durch Betupfen mit concentrirter Salpetersäure und vorsichtiges Neutralisiren mit Ammoniak; beim Zufügen eines Tropfens Höllensteinlösung entsteht sodann gelber Niederschlag von arsenigsaurem Silber. — Die Details und Cautelen des Arsennachweises siehe in den Anleitungen zur chemischen Analyse.

Für technische Zwecke ist eine weitere Trennung der Farbstoffe durch chemische Mittel von Interesse; in solchem Falle bieten die ausführlichen Reactions-Tabellen von Stein, Dragendorff etc. alle wünschenswerthen Anhaltspunkte.[7] — Die **hygienische Bedeutung** der Untersuchung der Kleider basirt hauptsächlich auf den Beziehungen der Kleidung zu der Wärme- und Wasserabgabe des menschlichen Körpers; ein genaueres Maass dieses Einflusses ist jedoch zur Zeit noch nicht festzustellen und muss späteren Forschungen überlassen bleiben. — Giftige Farben haben zwar im Einzelfall zuweilen schwere Schädigungen der Gesundheit bewirkt; aber im Ganzen kommen dieselben sehr selten vor und haben daher kein hervorragendes hygienisches Interesse.

Bedeutung der Untersuchung der Kleidungsstoffe.

Literatur. 1) Schlesinger, Mikroskopische Untersuchungen der Gespinnstfasern, Zürich 1873. — Wiesner, Die Rohstoffe des Pflanzenreichs, Leipzig 1873. — 2) Persoz, C. R. 55. 810. (Chlorzinklösung). — Ozanam, C. R. 55. 833. (Kupferoxydammoniak). — Grothe, Dingl. Journ. 171. 150. — Deutsche ill. Gewerbez. 32. 129. — Z. für anal. Ch. 3. 153. — 6. 477. — Böttger, Polytechn. Notizblatt, 20. 1. — Liebermann, Dingl. Journ. 181. 133. — Wagner, Z. f. anal. Ch. 6. 23. — Vétillard, Pharm. Journ. and Transact. 1871. — Z. f. anal. Ch. 11. 342. — Spiller, Z. f. anal. Ch. 11 343. — Kopp, Dingl. Journ. 205. 563. — Böttger, Jahresb. d. physik. Ver. zu Frankf. a. M. 1872/73. — Zeitschr. f. anal. Ch. 13. 246. — Pinchon, N. Jahrb. f. Pharm. 40. 60. — Z. f. anal. Ch. 13. 341. — Jacquemin, C. R. 79. 523. — Bayer, Z. f. anal. Ch. 15. 295. — Vitrebert, Bull. soc. chim. de Paris, 21. 545. — 3) Krieger, Z. f. Biol. 5. 517. — Vgl. Coulier, Journ. de la physiol. de l'homme et des an. 1858. — Hammond, A treatise on hygiene etc. Philadelphia 1863. p. 583. — 4) Pettenkofer, Zeitschr. f. Biol. 1. 184. — Ueber die Beziehungen der Luft etc. Braunschweig 1872. — 5) Stark, Philosophical trans-

actions, London 1833. — WUNDERLICH, Bayr. ärztl. Intell. Bl. 1864. 34. — 6) Nach LIEBERMANN, Anleitung zu chemischen Untersuchungen etc. Stuttgart 1877, p. 136. — 7) POHL, Reactionstabelle für Anilinfarben, Dingl. Journ. 173. 211. — BOLLEY's Tabellen, Schweiz. polytech. Zeitschr. 10. 169. — Z. f. anal. Ch. 4. 473. — STEIN, Tabellen für die Reactionen blauer Farben, Polyt. Centralbl. 1869. 1023. — Z. f. anal. Ch. 9. 128; roth: ibid. 9. 519; gelb u. grün: ibid. 10. 115; violett: ibid. 10. 375. — DRAGENDORFF, Beitr. zur gerichtl. Chem. Petersb. 1872. — BIBANOW, (Tabelle). Monit. scientif. (3) 4. 509. — Z. f. anal. Ch. 14. 106.

II. Untersuchung der Wohnung.

II. Untersuchung der Wohnung.

Die Hygiene der Wohnung hat stets in besonders hohem Grade das Interesse erweckt, da der Mensch den weitaus grössten Theil seines Lebens in der Wohnung zuzubringen pflegt, innerhalb welcher er vielfach ganz anderen Einwirkungen ausgesetzt ist als in der freien Umgebung. Die Temperatur der Wände und der Zimmerluft; der Wassergehalt und die sonstige chemische Beschaffenheit der für die Erwärmung und Athmung zur Disposition stehenden Luft; die Lichtmenge und Lichtqualität innerhalb der Wohnräume — sie alle beeinflussen das Verhalten des menschlichen Körpers, alteriren in gewissem Grade seine Funktionen und erfordern daher ein eingehendes Studium durch specielle Untersuchungsmethoden. — Eine Prüfung und Begutachtung des menschlichen Wohnhauses im hygienischen Interesse erstreckt sich zunächst auf den allgemeinen Bebauungsplan für die Anlage von grösseren Häusercomplexen; sodann auf den Bau des einzelnen Wohnhauses. Hier ist der Bauplatz, ferner das Baumaterial und das Verhalten der Hauswände Gegenstand der Untersuchung. Daran schliesst sich die Prüfung des fertigen Wohnraums; die Feststellung der Grösse desselben, die Ermittlung der Luftmenge, welche derselbe seinen Bewohnern bieten muss, führt zu der Untersuchung des natürlichen Luftwechsels des Wohnhauses und zur Prüfung der Ventilationsanlagen. Ausserdem ist der Temperatureinfluss der Wohnung ins Auge zu fassen und die Wärmeverhältnisse von Luft und Mauern sowohl während der warmen Jahreszeit als während der Heizperiode sind einer Untersuchung zu unterziehen. Die Beschränkung des Tageslichts durch die Häuswände und die Benutzung künstlicher Beleuchtung erfordert eine Prüfung der Lichtmenge und der Lichtqualität, die dem Bewohner des Hauses zu Gebote steht. Endlich gehören noch innerhalb der modernen Culturstädte Einrichtungen zur Entfernung der Abfallstoffe und zur Wasserversorgung zu den unentbehrlichen Bestandtheilen eines Hauses; und auch diese Anlagen sind daher auf etwa hygienische Nachtheile zu prüfen. — Bei der grossen Ausdehnung des ganzen Gebietes der Wohnungs-Hygiene, in welches ausserdem die technischen Wissenschaften vielfach in solcher Weise hineinragen, dass man über die Grenze beider Wissensgebiete in Zweifel geräth, erscheint es geboten, im Folgenden strenger als in den früheren Capiteln nur die hygienisch wichtigen Methoden der Untersuchung zu beschreiben, dagegen von allen theoretischen Auseinandersetzungen möglichst zu abstrahiren. Es kann dies um so eher geschehen, als eine ausreichende Literatur vorliegt, welche die Fragen der Wohnungshygiene in

Uebersicht der Darstellung.

mehr oder weniger eingehender Weise behandelt. Eine ausführliche Darstellung findet man in dem demnächst erscheinenden, vom Verf. bearbeiteten Abschnitt „Wohnung“ des von ZIEMSSEN herausgegebenen Handbuchs der Hygiene.

Literatur. 1) SCHÜLKE, Gesunde Wohnungen. Berlin 1880. — v. FODOR, Das gesunde Haus. Braunschweig 1878. — MEINERS, Das städtische Wohnhaus der Zukunft etc. Stuttgart 1879. — v. PETTENKOFER, Beziehungen der Luft etc. Braunschweig 1872. — GEUL, Die Anlage der Wohngebäude etc. Stuttgart 1869. — EASSIE, Sanitäre Architectur. Sanit. Rec. 1. 7. — 3. 128. — Brit. med. Journ. 1872. — ROBINS, Sanit. Rec. 1. 317. — MACCORMAC, San. Rec. 2. 3. — POINTER, Publ. Health. 3. 105. — GODWIN, San. Rec. 3. 278. — LANCHESTER, How to make a house etc. London 1872.

1. Prüfung des Bauplanes, des Bauplatzes und der Baumaterialien.

Aufstellung von Plänen für Städte-Erweiterungen.

Bei der Construction von Bauplänen für grössere Häusercomplexe, wie sie namentlich bei Städteerweiterungen in Frage kommen, concurriren gewöhnlich äusserst verschiedene und darunter auch diverse hygienische Interessen, die vorläufig schwierig ihrem genauen Werthe nach abzuschätzen sind und daher eine definitive Entscheidung erschweren.[1] So erscheint es beispielsweise bezüglich der Anlage und Richtung der Strassen durchaus erforderlich, dass die Hauptstrassenzüge nach dem Verkehrsmittelpunkt, dem Centrum der Stadt, hin laufen; aber ebenso kommt vom hygienischen Gesichtspunkt aus das Bestreben in Betracht, eine Ansammlung und ein Zusammendrängen von Menschen nach Kräften zu vermeiden, und möglichst dadurch decentralisirend zu wirken, dass man neue peripherische Verkehrsmittelpunkte begünstigt und die Richtung der neuen Strassen auf diese hinführt. — Ausserdem aber ist es z. B. von Wichtigkeit, dass die Hauptstrassenzüge einigermassen der vorzugsweise herrschenden Windrichtung entsprechen; rechtwinklig zu dieser gelegene Strassen führen fast stets stagnirende Luftschichten und bieten die ungünstigsten Ventilationsverhältnisse für die dort gelegenen Wohnungen dar. Ferner wird man extreme Temperaturdifferenzen zu vermeiden suchen müssen, wie sie zwischen der Nord- und Südseite einer gerade von Osten nach Westen ziehenden Strasse vorkommen; weder das völlige Fehlen des Sonnenlichts und der Sonnenwärme auf der einen, noch das Zuviel auf der anderen Seite erscheint vom hygienischen Standpunkt aus vortheilhaft, sondern jede, auch noch so geringe Abweichung der Strassenrichtung von der directen Ost-West-Linie ist als günstig anzusehen. Der grosse Vortheil meridional gerichteter (d. h. von Norden nach Süden laufender) Strassen in Bezug auf die Insolation der Häusser ist neuerdings namentlich von VOGT[2] erwiesen worden. — In Bezug auf die Strassenbreite hat man als Minimum für grössere Strassen festgesetzt, dass die Strassenbreite der Häuserhöhe bis zum Dachanfang gleichkommt; in unseren Breitengraden wird aber dabei in äquatorial (Ost nach West) verlaufenden Strassen selbst auf der Sonnenseite nur eine sehr geringe Insolation gewährt, da z. B. am kürzesten Tage beinahe $^2/_5$ von der Höhe der Häuserbreite auf der Sonnenseite selbst um Mittag noch im Schatten bleibt. Andererseits fragt es sich wieder, ob die Einrichtung zahlreicherer öffentlicher Plätze, Parkanlagen etc. nicht noch wichtiger im hygienischen Interesse erscheint, als ein Mehr von Sonnenstrahlen und ob es daher nicht besser ist, auf eine übermässige Strassenbreite zu Gunsten

Concurrirende Gesichtspunkte.

solcher Plätze zu verzichten. — Für alle diese concurrirenden Interessen lassen sich keine allgemein gültigen Sätze aufstellen, da je nach den klimatischen Verhältnissen eines Ortes die erheblichsten Differenzen auftreten; so variirt die herrschende Windrichtung; und bald lässt eine übermässige Insolation enge, schattige Strassen, bald wiederum das Vorherrschen der kalten Jahreszeit reichliche Bestrahlung der Häuser wünschen. — Weiter ist für die Aufstellung und Begutachtung eines Bauplans die Configuration des Bodens von Interesse, ferner das Verhalten des Grundwassers, die Durchlässigkeit der oberen Bodenschichten etc. Diese Verhältnisse werden genau nach den früher gegebenen Vorschriften ermittelt; dabei ist namentlich auf die maximale Höhe des Grundwasserstandes Rücksicht zu nehmen, gleichzeitig aber zu beachten, dass der Grundwasserstand durch die Bebauung und Bewohnung eines Terrains stets um ein erhebliches sinkt. In den Bauplan ist ferner wo möglich das System der Entfernung der Abfallstoffe und der Wasserversorgung bereits aufzunehmen, welches auf das neue Terrain Anwendung finden soll; die Auswahl wird hier wesentlich von der Beschaffenheit des Bodens und Grundwassers abhängen; dieselbe muss aber wo möglich vor dem Bau der Häuser erfolgen, weil die Construction der letzteren häufig von vornherein dem gewählten System anzupassen ist.

Ermittlung der Dichtigkeit der Bewohnung.

Zuweilen ist im hygienischen Interesse eine Ermittelung der Dichtigkeit der Bebauung eines städtischen Terrains geboten. Man führt diese am raschesten und sichersten aus, wenn man einen genauen Plan des betreffenden Terrains nach Art der Curven ausmisst; man umfährt entweder mit dem Planimeter die gesammten Grundflächen der Häuser und erfährt dadurch direct den Flächeninhalt derselben, oder man schneidet die Conturen der Häuser und Häusercomplexe aus und bestimmt den Inhalt dieser Flächen durch Wägung. (Vgl. den Anhang.)

Prüfung des Bauplatzes.

Der Bauplatz eines einzelnen Hauses ist nach den pag. 223 gegebenen Gesichtspunkten und Methoden zu untersuchen; namentlich ist darauf zu achten, ob der Boden gewachsen oder aufgeschüttet, ob er stark mit organischen Stoffen durchsetzt ist, ob die oberen Schichten durchlässig für Wasser sind, welches der durchschnittliche und der höchste Stand des Grundwassers ist.

Untersuchung der Baumaterialien.

Die Baumaterialien haben hygienisches Interesse, insofern sie zu der Temperatur der Wohnräume in engste Beziehung treten und indem sie durch ihre Porosität einen Austausch der Aussenluft mit der Wohnungsluft und ein leichtes Verdunsten von aufgenommener Flüssigkeit bewirken. Die Wärmeabsorption und -leitung der Baumaterialien werden zweckmässig unten bei der Erörterung der Temperaturverhältnisse des Wohnhauses im Zusammenhang erörtert, so dass hier zunächst nur die Beziehungen derselben zu Luft und Wasser zu berücksichtigen sind.

Auch bei dem Baumaterial, namentlich bei den Bausteinen, ist wie beim Boden zu unterscheiden zwischen Porenvolum und Durchlässigkeit. Die Poren des Bodens und des Steins sind dadurch verschieden, dass im Stein häufig Zwischenräume enthalten sind, die als vollkommen abgeschlossne Hohlräume bestehen; für unsern Begriff des Porenvolums handelt es sich indess nur um die Zwischenräume, die

passirbar sind für Luft oder Wasser. Letztere beiden Arten von Räumen werden ausserdem meist verschieden ausfallen, die für Luft zugänglichen Poren werden einen ganz anderen Bruchtheil des Gesammtvolums ausmachen, als die für Wasser passirbaren Zwischenräume. Man wird daher besser die Wassercapacität und das Luftfassungsvermögen, die Luftcapacität, getrennt behandeln. — Erstere wird einfach dadurch bestimmt, dass die Steine erst trocken und dann nass gewogen werden. Dabei ist jedoch eine gleichmässige völlige Durchnässung sehr schwer zu erreichen. Schon beim Boden gelingt es durchaus nicht immer, die Luft aus engen Poren in stets derselben Weise durch Wasser zu verdrängen; bei der relativ viel dichteren Substanz der Steine wird dieser Bedingung noch weit weniger zu genügen sein. Man muss daher entweder die Steine wenigstens acht Tage in kaltem destillirtem Wasser liegen lassen oder aber dieselben längere Zeit in Wasser auskochen und dann in kaltem Wasser erkalten lassen. Durch Wägung bestimmt man sodann die Menge des aufgenommenen Wassers und erhält so einigermassen constante, aber immer noch von Fehlerquellen behaftete Resultate. — Ferner ist ein abweichendes Verfahren nöthig, um das Gesammtvolumen des zur Untersuchung gezogenen Steines zu bestimmen. Beim Boden konnte man entweder ein Gefäss von bestimmten Volumen mit dem zu untersuchenden Boden vollfüllen; oder mit einem geeigneten Apparat von bekanntem Volumen den Boden ausstechen. Statt dieser unausführbaren Methoden hat man sich bei den Baumaterialien entweder damit geholfen, dass man genau parallelopipedische Stücke geformt hat, deren Volumen sich dann einigermassen genau einfach durch Messung finden lässt; oder man benutzt Volumenometer; oder man hat den mit Wasser inprägnirten Stein für sich gewogen und dann in ein gewogenes Gefäss mit Wasser eingehängt und wieder gewogen; man erhält so das durch den Stein verdrängte Volumen Wasser und zwar das Volumen, welches dem ganzen Stein, inclusive der mit Wasser gefüllten Poren entspricht. — Genauer lässt sich das Volum der für Luft zugänglichen Poren bestimmen. Man kann hierzu ein Volumenometer benutzen, welches nach dem Princip der Kopp'schen Volumenometer construirt ist und das Volumen lediglich der festen Masse eines Körpers anzeigt, welches ein gleiches Volumen Luft von der Stelle verdrängt. Dabei gelangt offenbar die Luft in alle der Luft überhaupt zugänglichen Poren und man erhält also ausschliesslich das Volumen der festen Masse des Steins. Andrerseits bestimmt man dann das Gesammtvolumen des Steins, und zwar dadurch, dass man — eventuell nachdem man die Oberfläche des untersuchten Stückes mit Paraffin überzogen hat — das Volumen desselben in einem einfachen Quecksilber-Volumenometer misst, in welchem die Menge des von der Stelle verdrängten Quecksilbers abgelesen wird.

Bestimmung der Wassercapacität.

Bestimmung der Luftcapacität.

Von grösserem Interesse ist die Bestimmung der Durchlässigkeit der Baumaterialien für Luft. Zur Ausführung derselben sind drei verschiedene Methoden angegeben. Bei der ersten benutzt man einen Gasometer, der mit Luft gefüllt und in dem dann die Luft comprimirt wird; oder auch ein System mit einander verbundener grosser Flaschen, deren obere mit Wasser gefüllt ist und deren untere Luft enthält, die durch das Einlaufen des Wassers ausgetrieben wird, sobald die Verbindung zwischen beiden geöffnet ist. Die für den Ausfluss der Luft bestimmte Röhre, die mit einem Quetschhahn versehen ist, führt in eine Gasuhr; von da leitet man die Luft in einen Schwefelsäurekolben, um

Bestimmung der Durchlässigkeit für Luft.

a) durch Messung der durchgetretenen Luftmengen.

sie zu trocknen, und darauf zu einem mit Manometer versehenen Metalltrichter, an dem das zu untersuchende Material befestigt ist. Letzteres ist am besten parallelopipedisch geschliffen, etwa 3 cm dick und von circa 25 □cm Fläche auf dem quadratischen Querschnitt; an den seitlichen Flächen überzieht man es mit einer luftdichten Schicht (aus Rohwachs und Stearin); mit einer der beiden freien Flächen setzt man es in die entsprechend geformte grössere Oeffnung des Blechtrichters ein und kittet es dann am Rande mit der luftdichten Schicht zusammen. Das Manometer ist ein einfaches von dem inneren Raume des Trichters abgehendes heberförmig gebogenes Rohr und mit Wasser gefüllt. — Zur Ausführung des Versuches öffnet man unter genauer Beobachtung der Zeit den Ausflusshahn für die Luft, so dass dieselbe durch die Gasuhr und den Schwefelsäurekolben zu dem Untersuchungsmaterial dringt. Der Grad der Compression der Luft kann dann direct an dem Manometer abgelesen werden. Die aus dem Gasometer und der Gasuhr mit Wasserdampf gesättigt austretende Luft ist vor der Berührung mit dem Material im Schwefelsäurekolben getrocknet, um der zu durchdringenden Substanz keine Feuchtigkeit zuzuführen und dadurch etwa deren Durchlässigkeit zu verringern. Die Menge der durchgetretenen Luft wird nun einfach an der Gasuhr abgelesen und das Resultat auf Einheit der Zeit und Fläche — Stunde und Quadratmeter — umgerechnet. — Statt der Pulsion kann man auch eine Aspiration der Luft durch das Versuchsmaterial bewirken. — Durch derartige Versuche hat sich ergeben, dass die unter Druck durch eine poröse Wand geförderte Luftmenge diesem Druck nahezu direkt proportional ist; und ferner, dass die unter constantem Druck durch homogenes poröses Material fliessende Luftmenge der Dicke des Versuchstücks umgekehrt proportional ist. Ausser von diesen beiden Factoren ist dann die Luftmenge, die bei verschieden dichtem Material dieses passirt, natürlich abhängig von einer Permeabilitätsconstanten, die in der Natur der einzelnen porösen Steinwand begründet ist.[3] —

Einfacher, aber nicht so sicher lässt sich die Permeabilität bestimmen, wenn man nur die Geschwindigkeit zu ermitteln sucht, mit welcher eine Diffusion von Leuchtgas (oder einer anderen Gasart) durch das Untersuchungsmaterial hindurch stattfindet. Man verwendet dazu eine Flasche mit dreifach durchbohrtem Kork; durch die eine Bohrung steckt eine rechtwinklig gebogene Röhre, die einerseits bis fast zum Boden der Flasche, andererseits zu dem Hahn einer Gasleitung führt. In der zweiten Bohrung steckt ein Manometer, das mit gefärbtem Wasser gefüllt ist; durch die dritte Oeffnung tritt das Ableitungsrohr aus, welches in der Flasche dicht unter dem Kork endet, aussen im spitzen Winkel umbiegt und zu dem Untersuchungsmaterial führt; letzteres wird genau wie im letztbeschriebenen Verfahren vorgerichtet. Sind alle Verschlüsse des Apparats dicht, so öffnet man zunächst die Verbindung zwischen Versuchsobject und Flasche, öffnet dann auch den Gashahn, und lässt das

b) aus der Diffusionsgeschwindigkeit.

Gas etwa 5 Min. durch die Flasche hindurchströmen. Man kann dann annehmen, dass letztere mit unvermischtem Leuchtgas gefüllt ist; vorher hat man sich noch mehrfach durch Schliessen der Ableitungsröhre überzeugt, dass der Gasdruck einigermassen constant ist. Man steckt nun das Beobachtungsmaterial wieder vor, schliesst dann mit einem bestimmten Schlage einer Secundenuhr den Gashahn, und beobachtet genau die Zeit, die verfliesst, bis das Manometer den Gleichgewichtszustand wieder erreicht hat. Der so erhaltenen Diffusionszeit ist dann die Permeabilitätsconstante des Materials umgekehrt proportional. Bei diesen Versuchen bildet jedoch die häufig vorhandene Temperaturdifferenz zwischen dem Leuchtgas und der athmosphärischen Luft eine wohl zu beachtende Fehlerquelle.

c) Bestimmung der Durchlässigkeit fertiger Mauern.

Eine dritte Methode bestimmt die Durchlässigkeit des Baumaterials für Luft nicht an kleinen präparirten Stücken, sondern schliesst sich mehr an die praktisch vorliegenden Verhältnisse des Wohnhauses an, indem sie das gesammte Luftquantum ermittelt, welches durch die Wände eines Zimmers unter gewissen Bedingungen hindurchtritt; bei einem solchen Versuch müssen natürlich alle Oeffnungen des Zimmers verschlossen, Ritzen und Fugen durch Verkleben etc. gedichtet sein; ausserdem ist es wünschenswerth, dass alle vier Wände in gleicher Weise von Aussenluft begrenzt werden. Die Bestimmung des in gewisser Zeit durchtretenden Luftquantums kann dann durch eine Ventilationsbestimmung nach PETTENKOFER oder nach RECKNAGEL (s. unten) erfolgen; und aus der bekannten Masse der Wände lässt sich die Permeabilität einer beliebigen Flächeneinheit des Materials herausrechnen.

Die nach dieser Methode erhaltenen Resultate weichen von den mit kleinen Versuchsobjecten erzielten ausserordentlich ab; und zwar liegt der wesentlichste Grund darin, dass die Mauern nicht annähernd in ihrer ganzen Ausdehnung und Dicke das Verhalten des ausgewählten, zugeschliffenen Steinmaterials zeigen, sondern häufig Klüftungen, Risse und Spalten im Innern bilden, so dass auf weite Strecken dem Luftdurchgang sehr viel geringerer Widerstand entgegensteht. Bohrt man eine beliebige Mauer an verschiedenen Stellen bis zu grösserer Tiefe an, so kann man sich von diesem Verhalten leicht überzeugen. —

Bestimmung der Capillarität und der Wasserabgabe.

Auch das capillare Aufsaugungsvermögen für Wasser wird beim Baustein wie beim Boden bestimmt und hat ein gewisses hygienisches Interesse, da die Capillarität den wesentlichsten Antheil an dem Aufsteigen der Feuchtigkeit in den Wänden hat. Man prüft diese Eigenschaft, indem man gleichmässig präparirte Abschnitte des Materials in Wasser eintaucht und nun die Steighöhen oder aber die Zeitdauer vergleicht, in welcher eine gewisse Steighöhe erreicht wird. — Ferner kann man die Schnelligkeit der Wasserabgabe einer Steinart dadurch prüfen, dass man durchfeuchtete Stücke von gleichen Dimensionen einem constanten trockenen Luftstrom aussetzt; die Wasserabgabe erfolgt dann namentlich um so rascher, je grösser die Poren und je bedeutender die Permeabilität auch im trockenen Zustande ist; ausserdem kann man beobachten, dass bei grobkörnigem Material die Zunahme des Luft-

durchtritts sprungweise erfolgt, während bei feineren Poren eine allmähliche, regelmässigere Steigerung sich zeigt.

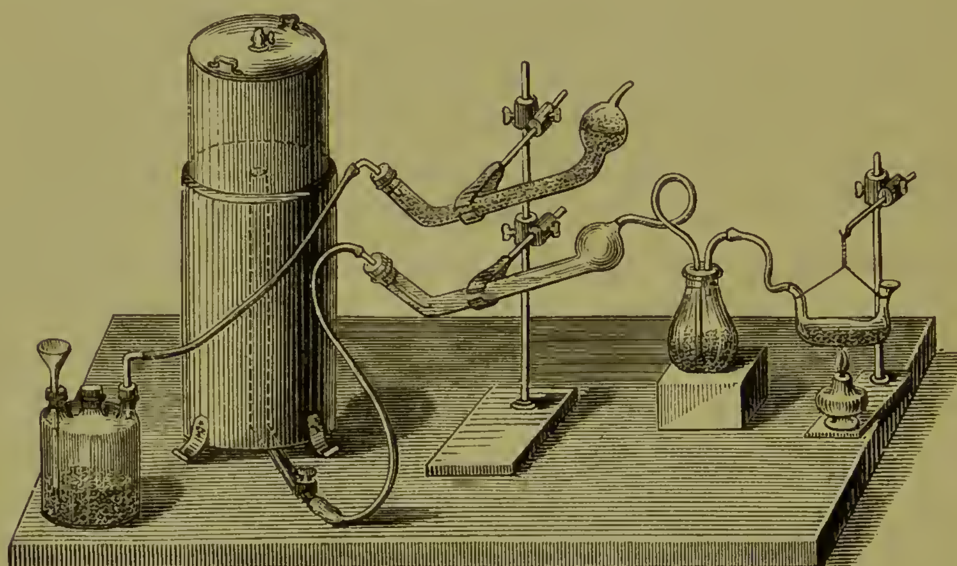
Von grosser praktischer Bedeutung ist die Bestimmung des momentanen Feuchtigkeitsgehalts der Bausteine während sie in die Mauer eingefügt sind. Für dieses namentlich für die Prüfung von Neubauten wichtige Verfahren sind verschiedene Methoden vorgeschlagen, die aber sämmtlich das angestrebte Ziel nicht vollkommen erreichen. Häufig beschränkt sich die Untersuchung auf einige gröbere Prüfungsmittel, indem man z. B. die Bildung von Flecken oder von Schimmelvegetationen an den Wänden, das Feuchtwerden von Wäsche oder den eigenthümlichen modrigen Geruch als charakteristische Symptome einer zu grossen Feuchtigkeit der Wände ansieht, ohne dass indess die Befunde auch nur annähernd eine Garantie für richtige Beurtheilung gewähren könnten. — Die Versuche zu einer exacten Bestimmung des Wassergehalts der Wände gehen entweder darauf aus, die Substanz der Mauer direct zu untersuchen, dadurch, dass man in Proben des Materials, namentlich des Mörtels, eine Trockenbestimmung ausführt; oder aber man aspirirt eine grössere Luftmenge durch die Mauer hindurch, bestimmt deren Feuchtigkeitsgehalt und vergleicht diesen mit der Feuchtigkeit der Aussenluft; oder man bestimmt den Feuchtigkeitsgehalt der Zimmerluft und sucht aus einem Vergleich desselben mit dem der freien Luft Anzeichen für eine erhöhte Wasserabgabe seitens der Wände zu gewinnen. Bei der ersten dieser Methoden, die von Glässgen angegeben ist, setzt man eine einigermassen gleichmässige Vertheilung der Feuchtigkeit in der Wand voraus; man kratzt von dem Bewurf der Innenwand und aus den Fugen zwischen den Steinen etwas Mörtel, nimmt davon nach sorgfältigem Mischen und eventuell oberflächlichem Absieben eine kleinere Portion von etwa 25 gr, wägt und bestimmt nun sowohl das freie, wie das im Kalkhydrat chemisch gebundene Wasser. (Der Mörtel besteht bekanntlich aus etwa 3 Theilen Sand und 1 Theil Kalkhydrat; früher war man der Ansicht, dass die Feuchtigkeit neuer Wohnungen wesentlich herrühre von diesem Hydratwasser, das bei der Umwandlung von Kalkhydrat in kohlensauren Kalk frei werde. Das ist aber nicht der Fall; die Gesammtmenge des Hydratwassers ist ausserordentlich gering und beträgt nur etwa 5 % der ganzen in einem Neubau enthaltenen Feuchtigkeit.) Entsprechend der Zusammensetzung des Mörtels kann man das Trocknen der abgewogenen Mörtelmenge nicht etwa in der gewöhnlichen Weise unter Zutritt der Luft vornehmen; hier würde sich kohlensaurer Kalk bilden und man würde nicht wissen, wieviel der Gewichtsänderung der Abgabe von Wasser oder der Aufnahme von CO_2 zuzuschreiben ist. — Man muss daher den Mörtel in eine Liebig'sche Trockenröhre bringen und nun erwärmen,

Bestimmung der Feuchtigkeit der Hauswände.

Methode von Glässgen (durch Untersuchung des Mörtels).

während ein trockner CO_2-freier Luftstrom den entweichenden Wasserdampf fortführt. — Die Versuchsanordnung ist folgende: Vermittelst eines Gasometers von ca. 10 Liter Inhalt wird ein Luftstrom erzeugt, welcher durch einen Hahn oder Quetschhahn mit Schraube nach Belieben stark und schwach gestellt werden kann. Die aus dem Gasometer entweichende Luft geht zunächst in eine mit Barytwasser gefüllte Röhre, dann durch ein Kölbchen, welches mit concentrirter Schwefelsäure getränkte Bimssteinstücke enthält, und gelangt dann frei von CO_2 und Wasser zu der engeren Oeffnung der Ente, um aus deren weiter Füllöffnung wieder auszutreten. Ist der Luftstrom, welcher jedoch nicht so stark sein darf, dass er Par-

Fig. 80.



Bestimmung der Feuchtigkeit der Hauswände.

tikel der Mörtelsubstanz mit fortzureissen vermag, in Gang gesetzt, so wird die Liebig'sche Ente mit einer Gas- oder Spirituslampe langsam erhitzt und dadurch das Wasser des Mörtels verdampft. Um Tropfenbildung an der Ausgangsöffnung und eventuell ein Zerspringen der Ente zu verhindern, entfernt man das angesammelte Wasser öfter mit Filtrirpapier und hüllt ausserdem die Ente in ein Drahtnetz ein. Nach etwa einer Stunde pflegt der Mörtel getrocknet zu sein; man lässt dann, während der Luftstrom noch andauert, erkalten, wägt und prüft, ob bei einem abermaligen Erhitzen keine Gewichtsabnahme mehr eintritt. — Um ausser der so gefundenen Menge des in den Poren des Mörtels enthaltenen Wassers auch noch das an Kalk gebundene Hydratwasser kennen zu lernen, wird dann die Liebig'sche Ente mit einer Woulf'schen Flasche in Verbindung gesetzt, in welcher CO_2 aus Marmorstücken und Salzsäure entwickelt wird; um ein Ueberreissen von Salzsäure zu verhindern, wird dazwischen noch eine mit kleinen Marmorstücken gefüllte Glasröhre ein-

Bestimmung des Hydratwassers.

geschaltet. Die CO^2 treibt nun das Hydratwasser des Kalks aus, und um dieses zu verdampfen, wird die Ente wieder wie oben erwärmt, erkalten gelassen und gewogen. War Hydratwasser vorhanden, so ist jetzt eine Gewichtszunahme zu verzeichnen, und zwar kommen auf 9 Theile abgegebenes Wasser 22 Gewichtstheile Kohlensäure; folglich zeigen je 13 gr Gewichtszunahme 9 gr fortgegangenes Hydratwasser an. — Die erheblichste Fehlerquelle dieser Methode ist die, dass kleine dem Verputz entnommene Proben, auch wenn sie in grösserer Zahl verschiedenen Wandstellen entnommen sind, nicht die durchschnittliche Beschaffenheit einer Mauer repräsentiren können, und dass es also sehr schwierig ist, auf diese Weise ein brauchbares Durchschnittsmaterial zu bekommen. Immerhin wird man vorläufig noch auf diese Bestimmung recurriren und durch möglichst sorgfältige Auswahl der Probe den Fehler thunlichst zu verringern suchen müssen.

Methode von Beer (durch Aspiration von Luft durch die zu prüfende Wand).

Die Methode, die Feuchtigkeit der durch die Wand aspirirten Luft zu bestimmen, ist zuerst von Glässgen, dann von Beer versucht. Letzterer verfährt dabei in folgender Weise: Ein luftdichter Kasten, der ein Hygrometer enthält und an einer Seite offen ist, wird mit dieser luftdicht auf eine begrenzte Fläche der Wand aufgepresst; dann wird Luft aspirirt und der Ausschlag des Hygrometers beobachtet. Der luftdichte Kasten hat einen Inhalt von etwa 25 Liter; statt der vorderen Wand hat er einen ca. 7 cm. breiten Rahmen, in den eine Glasplatte eingelegt und dessen Tuchpolsterung durch 8 Schrauben so fest an die Platte angedrückt werden kann, dass hier ein luftdichter Verschluss erzielt wird. In der Seitenwand des Kastens befinden sich fest eingelassene und verkittete Glasröhren, die durch Gummischläuche mit dem Aspirator in Verbindung gesetzt werden. Die hintere sehr feste Wand hat einen nach aussen vorspringenden Rand, mittelst dessen der Kasten durch Schrauben, die an einem Stützapparat angebracht sind, an die Mauer angepresst wird. In der Mitte der hinteren Wand ist eine Oeffnung von 15 cm. Breite und 10 cm. Höhe; um diese herum ist die ganze Rückseite mit einer Dichtung belegt. Letztere besteht in einer aus weichstem Gummi elasticum hergestellten $1\,^1/_2$ cm. dicken Platte; ausserdem wurde auf die Rückseite der Platte ein dünnes Gummirohr mit Gummileim aufgeklebt und zwar in Schneckenlinien so oft auf dem Rahmen herumgeleitet, bis die ganze Fläche mit eng aneinanderliegenden Windungen bedeckt war. Als Stützapparat dienten 2 senkrechte Holzsäulen, die am Boden fixirt wurden und von denen Schrauben ausgingen, welche zum Anpressen des Kastens an die Mauer dienten. — Zur Ausführung eines Versuchs bestimmt man, nachdem der Kasten in seiner Lage befestigt, aber an der vorderen Wand noch geöffnet gelassen ist, zunächst den Wassergehalt derjenigen Luft, welche durch die Wand hindurch aspirirt werden soll, mittelst eines genau controlirten Hygrometers; sodann stellt man letzteres im Kasten auf, verschliesst die vordere Wand in der angegebenen Weise und beobachtet die Veränderung des Hygrometers sowohl ohne als mit Aspiration von Luft. — Mittelst dieser Methode ist allerdings eine grössere Feuchtigkeit an einigen frisch gemauerten Wänden constatirt; aber es ist noch fraglich, ob dieselbe gleichmässige und brauchbare Ausschläge giebt, und ausserdem sind die Schwierigkeiten einer fehlerfreien Construction und Handhabung des Apparats erheblich zu gross, um eine ausgedehntere Verwendung zu ermöglichen.

Bestimmung der Wandfeuchtigkeit aus dem Wassergehalt der Zimmerluft.

Drittens kann man versuchen, aus dem Feuchtigkeitsgehalt der Zimmerluft auf den Wassergehalt der Wände zurückzuschliessen. Das ist aber nur dann möglich, wenn keine anderen Feuchtigkeitsquellen die Luft des Zimmers beeinflussen können, ferner wenn keine Temperaturerhöhung oder Temperaturerniedrigung der Zimmerluft vorliegt, die zu einer Condensation von Wasserdampf oder zu stärkerer Verdunstuug führen könnte; ferner wenn die Menge der einströmenden Luft und deren Feuchtigkeitsgehalt genau bekannt ist. Die Methode ist jedenfalls also nur ausführbar unter Zuhülfenahme genauer Ventilationsbestimmungen und unter fortlaufender Messung der Feuchtigkeit der Innen- und Aussenluft. Ob man bei einer möglichsten Berücksichtigung aller Cautelen auf diesem Wege zu hinreichend sicheren Resultaten gelangt, ist zweifelhaft; die bisherigen in solcher Weise angestellten Versuche ergaben keine brauchbaren und übereinstimmenden Zahlen.

Leistungsfähigkeit dieser Methoden.

Die Prüfung der Feuchtigkeit der Hauswände steht demnach noch im Stadium der orientirenden Laboratoriumsexperimente. Für die Praxis und namentlich für ein endgültiges Urtheil über den Zustand von Neubauten sind die beschriebenen Methoden vorläufig schon deshalb nicht anwendbar, weil zu wenig Zahlen vorliegen, die als Vergleichsbasis für die einzelne Prüfung zu Grunde gelegt werden könnten.[4]

Hygienische Bedeutung der Untersuchung der Baumaterialien.

Die hygienische Bedeutung der beschriebenen Eigenschaften der Baumaterialien leuchtet ohne weiteres ein. Am meisten Interesse erregt die zuletzt geschilderte Feuchtigkeit der Wände, die aufs innigste mit den Fragen über die Austrocknungsfrist für Neubauten und über die Benutzung von Kellerwohnungen verbunden ist. Dabei ist aber wohl zu bedenken, dass ein abnormer Feuchtigkeitsgehalt der Zimmerluft und ein Feuchtwerden der inneren Wandschicht durchaus nicht immer von zu grossen Mengen beim Bau nicht abgedunsteten und daher in den Mauern zurückgehaltenen Wassers oder von capillar aus dem Boden aufgesogenem Wasser der Wände herstammt; in ausserordentlich vielen Fällen ist nur starke Bewohnung oder eine sonstige übermässige Production von Wasserdampf die Ursache, dass namentlich an einer frei nach aussen gelegenen und sich sehr stark abkühlenden Wand Condensation von Wasserdampf und Durchfeuchtung des inneren Bewurfs mit den gewöhnlichen sonstigen Erscheinungen der Wandnässe auftritt. Temperatur und Feuchtigkeitsbestimmungen der verschiedenen Wände können in solchen Fällen zu einer richtigen Diagnose führen.

Verschiedene Ursachen der Wandfeuchtigkeit.

Literatur. 1) Vgl. die Verh. des deutschen Ver. f. öff. Ges. auf den Versammlungen zu Danzig und München, Viert. f. öff. Ges. 1875 und 1876. — 2) Vogt, Zeitschr. f. Biol. 15. 319. — 3) Lang, Zeitschr. für Biologie 11. 313. — Schürmann, Fleck's Jahresbericht der Dresdener Centralstelle 1874. — Märcker, Landwirthsch. Jahrbücher 6. 1876. — 4) Glässgen, Zeitschr. f. Biol. 10. 246. — Lang, Ueber natürliche Ventilation, Stuttgart 1877. — Beer, Ueber die Best. der Feuchtigkeit der Wände. Dissertation, Erlangen 1878. — d'Espine, Dingl. Journ. 138. 234. — Möller, Monatsschr. f. Sanitätspolizei 1. 337. —

2. Untersuchung des Luftbedarfs und der Ventilationsgrösse der Wohnräume.

Innerhalb bewohnter Räume sind verschiedene Ursachen vorhanden, die zu einer Veränderung der Luftqualität führen. Zunächst geben die Bewohner CO_2 und Wasserdampf ab; und zwar producirt: Unterbrechung des Luftbedarfs.

Veränderung der Luftqualität.

Ein kräftiger Arbeiter bei Ruhe am Tage	22,6	Liter CO_2 pro Stunde
„ „ „ „ Arbeit „ „	36,3	„ „ „ „
„ „ „ „ Nacht	16,7	„ „ „ „
Ein schwächl. Arbeiter bei Ruhe, am Tage	16,8	„ „ „ „
„ „ „ „ „ Nachts	12,7	„ „ „ „
„ 16 jähriger Jüngling	17,4	„ „ „ „
„ 17 jähriges Mädchen	12,9	„ „ „ „
„ 10 jähriger Knabe	10,3	„ „ „ „
„ 10 jähriges Mädchen	9,7	„ „ „ „
„ 9 jähriges Mädchen während der Singstunde	16,7	„ „ „ „
„ 13 jähriger Knabe „ „ „	17,0	„ „ „ „

CO_2- und Wasserdampfproduction durch Bewohner und Beleuchtung.

Ferner giebt:

Ein Erwachsener pro Stunde etwa 36 gr. Wasserdampf
Ein Kind von 8—12 Jahren „ 15 gr. „

an die umgebende Luft ab.

Abgesehen von den Bewohnern liegt eine wesentliche Quelle der Luftveränderung in der künstlichen Beleuchtung. So liefert:

Eine Stearinkerze . . .	bei einem Verbrauch von	9,6	gr pro Stde.	13,5	Liter CO_2
„ Oellampe	„ „ „ „	22,4	„ „ „	31,2	„ „
Ein Petroleum-Spaltbrenner	„ „ „ „	35,5	„ „ „	56,8	„ „
„ Petroleum-Rundbrenner	„ „ „ „	50,5	„ „ „	61,6	„ „
„ Leuchtgas-Flachbrenner	„ „ „ „	127	Liter „	86,0	„ „
„ Leuchtgas-Schnittbrenn.	„ „ „ „	140	„ „	92,8	„ „

CO_2 und Wasserdampf sind dabei nicht die einzigen Produkte, welche durch den menschlichen Stoffwechsel und durch die Beleuchtung in die Luft gelangen; flüchtige organische Säuren, Kohlenwasserstoffe und eine Menge in grösserer Anhäufung übelriechender Produkte gesellen sich vielmehr zu CO_2 und zum Wasserdampf hinzu. Ferner gehören dahin noch die Ausdünstungen von Abtritten und Abtrittsgruben, Canalgase etc. die gelegentlich die Luft der Wohnung inficiren und in ihrem Gesammteindruck erheblich anders erscheinen lassen, als die Luft im Freien. Zum grossen Theil sind diese Produkte der Analyse noch kaum zugänglich; und ebenso ist ihre Wirkungsweise auf den menschlichen Organismus noch wenig erforscht.

Es erscheint indess als selbstverständlich, dass man vom hygienischen Standpunkt als Princip festhält, die Luft eines Wohnraums nicht bis zu einer Grenze sich verändern zu lassen, bei der sie toxisch zu wirken anfängt; sondern vielmehr eine Beschaffenheit der Wohnungsluft anzustreben, die den Aufenthalt im Zimmer in keiner Weise lästig erscheinen lässt und zu ergiebigen, tiefen Athemzügen anregt. Weiter ist es dann für alle Begutachtungen von Wohnräumen von grosser Wichtigkeit, einen bestimmten Grenzwerth zu adoptiren, von dem aus die Beurtheilung einer Luft erfolgen kann. Als solcher Grenzwerth ist nun gewöhnlich ein CO_2-Gehalt der Luft

Grenzwerth des zulässigen CO_2-Gehalts.

von 1,0 pro mille resp. 0,7 p. m. angenommen. Damit soll aber nicht gesagt sein, dass gerade der Gehalt an Kohlensäure über 1 pro mille eine Schädigung des Körpers bedinge; und ebensowenig, dass ein vorgefundener CO_2-Gehalt von über 1 pro mille jedesmal eine Verurtheilung erheischt; und drittens auch nicht, dass eine Luft nur dann als verwerflich gelten muss, wenn sie über 1 p. m. CO_2 enthält. Vielmehr ist bei jener Annahme vorausgesetzt, dass die CO_2 von Menschen oder etwa durch Beleuchtung producirt ist, kurz aus Quellen stammt, von denen man weiss, dass nebenbei andere, die Luft verunreinigende und schliesslich belästigende Ausdünstungen stets gebildet werden. Man fasst daher die CO_2 hier nur als Symptom der gesammten Luftverunreinigung auf; aber als Symptom, das keineswegs immer die gleiche Deutung erfahren darf, und das in denjenigen Fällen im Stiche lässt, wo lästige und toxische Luftverunreinigungen zufällig ohne eine entsprechende CO_2-Entwicklung stattgefunden haben. Für ein endgültiges Urtheil wird man daher stets die Quellen der gefundenen CO_2 näher ins Auge fassen müssen, und wird z. B. eine etwas weitere Grenze gestatten dürfen, wenn die CO_2 wesentlich dem Beleuchtungsmaterial entstammt. Andererseits werden die Art der Benutzung des Zimmers, die Dauer der Bewohnung, Momente sein, die wesentlich Berücksichtigung erfahren müssen, wenn das CO_2-Symptom zu richtigen Schlüssen führen soll; handelt es sich um einen Raum, der während einer ganzen Nacht zum Schlafen benutzt wird, so wird man weit strengere Anforderungen stellen müssen, als wenn man ein Versammlungslokal zu begutachten hat, in dem die Bewohner sich nur etwa 1 Stunde lang aufhalten. Ferner steigen die Anforderungen mit der Empfindlichkeit der Bewohner; und für den mit feineren Sinnen ausgerüsteten Menschen liegt die Grenze der behaglichen, nicht lästig empfundenen Luft schon bei 0,7 p. m. CO_2, während ein von Jugend auf an kleine, überfüllte Räume gewöhntes Individuum für einen derartigen Luxus durchaus keinen Massstab haben würde.

Wechselnde symptomatische Bedeutung des CO_2-Gehalts.

Berechnung des Luftbedarfs aus der CO_2-Production und dem CO_2-Grenzwerth.

Die Aufstellung eines Grenzwerths ist deshalb von so grosser Bedeutung, weil er die Berechnung der Luftmenge ermöglicht, welche einem Zimmer zugeführt werden muss, wenn in demselben stets eine erträgliche, nicht belästigende Luft sein soll; es wird dadurch somit die Grundlage für die Berechnungen des Ventilationsbedarfs gegeben. Ausser dem Grenzwerth, der mit p bezeichnet werden möge, braucht man zu dieser Berechnung die Kenntniss der CO_2-Production der einzelnen CO_2-Quelle, sowie den durchschnittlichen CO_2-Gehalt der Luft im Freien. Letzteren kann man zu 0,0005 C.M. pro C.M. (= 0,5 pro mille) oder auch zu 0,0004 C.M. annehmen. Der Bedarf an frischer Luft ergiebt sich nun einfach aus der Ueberlegung, dass die producirte CO_2-Menge sich auf so viel Luft vertheilen muss, dass der Gehalt nur 1 oder 0,7 pro mille beträgt, d. h. in Form einer Gleichung ausgedrückt: $\frac{1}{1000} = \frac{k + q}{x}$, wo k die CO_2-Menge der CO_2-Quelle, q den CO_2-Gehalt der freien Luft bedeutet. Die Auflösung dieser Gleichung ergiebt 113 C.M. Luft, wenn man 0,7 pro mille als Grenze des CO_2-Gehalts nimmt und 45,2 C.M. wenn man 1,0 pro mille zu Grunde legt. — Zu demselben Resultat führt folgende Berechnung: Der schliesslich in einem Raume vorhandene

CO_2-Gehalt p ist offenbar gleich der producirten CO_2-Menge ($= n\,k$, wenn k die CO_2-Production einer CO_2-Quelle, n die Anzahl der CO_2-Quellen bedeutet), vertheilt auf die Gesammtmenge zugetretener frischer Luft ($= C$), plus dem CO_2-Gehalt, den frische Luft bereits mitbringt ($= q$); also $p = \frac{nk}{C} + q$; oder $C = \frac{nk}{p - q}$.

Beispiel der Berechnung.

Nimmt man z. B. an, dass in einem Zimmer sich drei erwachsene Menschen aufhalten und dass ausserdem ein Gas-Schnittbrenner zur Beleuchtung benutzt wird, so berechnet sich die nöthige Luftzufuhr, wenn der CO_2-Gehalt der Luft nicht über 0,7 pro mille oder 0,0007 C.M. pro 1 C.M. steigen soll, in folgender Weise:

$$C = \frac{nk}{p-q} = \frac{3 \times 0{,}0226 + 0{,}0928}{0{,}0007 - 0{,}0005} = 803 \text{ C.M.}$$

ist dagegen $p = 0{,}001$, so erhält man $= 321$ C.M. Luft pro Stunde.

Gesichtspunkte für die Deckung des Luftbedarfs.

Zu einem gewissen Theile kann nun dieser Luftbedarf durch die Grösse des Wohnraumes gedeckt werden; jedoch wird dies für längere Zeiten niemals ganz möglich sein und man wird daher von Zeit zu Zeit die Luft des Zimmers erneuern müssen. Hier ist dann wiederum für die Lösung der Aufgabe grosser Spielraum gelassen; entweder kann man grosse Räume wählen und deren Luft selten innerhalb einer Stunde erneuern, oder aber kleinere Zimmer, die dann entsprechend stärker ventilirt werden müssen. Indess ist eine Grenze gegeben, unter der eine Beschränkung des Raumes und ein Ausgleich durch häufigere Ventilation nicht mehr möglich ist: Wird nämlich einem Zimmer so viel frische Luft von aussen zugeführt, dass sich die Zimmerluft pro Stunde mehr wie 3 mal vollständig erneuert, so muss die Luftbewegung so rasch sein, dass sie bereits lästig empfunden wird und den Eindruck von Zugluft hervorbringt.

Grösse des Luftraums.

Ist nun ein Wohnraum daraufhin zu prüfen, ob er für eine bestimmte Anzahl von Bewohnern Raum genug bietet, so ist zunächst sein Luftraum oder Luftcubus auszumessen. Zeigt das Resultat der Messung, dass derselbe mehr wie 3 mal so klein ist, als der aus der Kohlensäureproduction und dem Grenzwerth abgeleitete Betrag der gesammten, nothwendigen Luftzufuhr ausmacht, so ist das Zimmer jedenfalls für den beabsichtigten Zweck zu klein, ein Ausgleich durch stärkere Ventilation ist nicht durchführbar und es ist entweder ein grösserer Wohnraum zu wählen oder die Anzahl der Bewohner zu verringern.

Deckung des Luftbedarfs durch Ventilation.

Ist dagegen der Raum weniger wie 3 mal so klein als der Ventilationsbedarf beträgt, so fragt sich, in welcher Weise die als nothwendig berechnete Luftzufuhr beschafft werden kann. Dieselbe kann möglicherweise ganz durch die sogenannte natürliche Ventilation geliefert

werden, d. h. durch den Luftwechsel, welcher durch die zufälligen Ritzen und Fugen, ferner durch die capillaren Poren der Wände hindurch unter dem Einfluss von Temperaturdifferenzen oder Luftströmungen erfolgt. Vielleicht aber genügt unter durchschnittlichen Verhältnissen diese natürliche Ventilation nicht, und es ist damit die Indication gegeben für künstliche Ventilationsanlagen, durch die eine grössere Zufuhr von Luft angestrebt wird. — Ueber diese bei jeder eingehenden Beurtheilung eines Wohnraumes sich aufdrängenden Fragen kann nur die Bestimmung der Ventilationsgrösse entscheiden, deren Methoden hier zunächst zu beschreiben sind.

Bestimmung der Ventilationsgrösse eines Wohnraums.

Von vornherein könnte man glauben, dass es gar nicht nöthig sei, directe Ventilationsbestimmungen auszuführen; sondern dass es gelingen müsse, aus der Wandfläche, der Wandstärke, und der Beschaffenheit, namentlich der Permeabilität, des Materials der Mauern die Ventilationsgrösse für die verschiedensten äusseren Verhältnisse zu berechnen. Für eine derartige Ableitung sind jedoch die Gesetzmässigkeiten der Ventilation noch viel zu wenig erkannt; nicht einmal für ein und denselben Wohnraum haben wir sichere Grundlagen zur Vorausberechnung desjenigen Effects, welcher bei bestimmter Temperaturdifferenz, sowie bei bestimmter Stärke und Richtung des Windes für den betreffenden ventilatorisch untersuchten Raum zu erwarten ist.

Schwierigkeit einer Vorausberechnung der Ventilationsgrösse.

Noch viel weniger ist es möglich, von einem genau untersuchten Raume aus Schlüsse für beliebige andere Räume zu ziehen. Die Grösse der frei nach aussen stehenden ventilirenden Wandflächen ist natürlich von wesentlichem Einfluss auf die Grössen der Porenventilation, aber andererseits kommt nicht minder die Durchlässigkeit des Baumaterials in Betracht, und diese ist eine so ausserordentlich wechselnde und je nach der Bauart selbst bei gleichem Material so grundverschiedene, dass von einer Vergleichbarkeit verschiedener Wohnräume keine Rede sein kann.

Dazu kommt, dass neben der Porenventilation noch eine Luftzufuhr durch solche zufällige Ritzen und Fugen stattfindet, die einen grösseren Durchmesser als capillare Röhren haben; und dass dieser Antheil der Ventilation ein gänzlich inconstanter ist. Auch hier wird es allerdings eine gewisse Grenze geben; eine zu ergiebige Luftzufuhr durch solche Undichtigkeiten macht sich dem Bewohner in lästiger Weise bemerkbar und wird daher im Allgemeinen ein gewisses Maass nicht überschreiten. Aber irgend eine Vorausberechnung der Ventilation von Wohnräumen wird durch diesen wechselnden Factor ganz unmöglich.

Angesichts dieser Schwierigkeiten kann vorläufig eine Kenntniss der Ventilationsgrösse nur durch directe Bestimmungen gewonnen werden.

Uebersicht der Methoden zur Ventilationsbestimmung.

Die Methoden, welche den gesammten Luftwechsel der Wohnungen zu ermitteln geeignet sind, beruhen entweder auf der Anwendung des Differentialmanometers. Mit Hülfe dieses schon früher (pag. 59) beschriebenen Apparates hat Recknagel eine eigenartige Lösung der Ventilationsfragen begonnen, die voraussichtlich im Stande sein wird, manche jener Grundlagen zu liefern, deren Unkenntniss bisher noch eine rechnerische Lösung auf dem Gebiete der Ventilation verhindert. Für den praktischen Gebrauch, namentlich in den Händen ungeübter Analytiker, erscheint jedoch diese Methode noch etwas zu complicirt.

Einfacher ist die zweite von PETTENKOFER angegebene Methode. Dieselbe geht von dem Princip aus, dass sich die Zufuhr reiner Luft zu einem geschlossenen Wohnraume berechnen lassen muss aus der Verdünnung, welche der bekannte Gehalt der Luft an einer leicht nachweisbaren Gasart durch die Zufuhr frischer Luft innerhalb einer gewissen Zeit erlitten hat. Als charakteristische Gasart wählte PETTENKOFER die CO_2; er stellte im Untersuchungsraume einen aussergewöhnlich hohen CO_2-Gehalt her und berechnete aus dessen Abnahme während einer gewissen Zeit die Grösse des Luftwechsels.

Die dritte Methode der Ventilationsprüfung benutzt Anemometer und ist lediglich für die Messung der künstlich durch besondere Canäle zugeleiteten Luftmengen bestimmt.

Keine besondere Erwähnung verdienen die mehr qualitativen Prüfungsmittel, wie die Ablenkung von Rauch, von Kerzenflammen, von Papierschnitzeln, da durch dieselben keine verwerthbaren constanten Resultate zu erzielen sind. Neuerdings sind von Fleck kleine mit Wasserstoff gefüllte Ballons, die an einer Schnur mit einem Stückchen Wachs belastet werden, bis sie in ruhiger Luft gerade schwimmen, zur Prüfung der Richtung und Stärke schwacher Luftströmungen empfohlen (vgl. pag. 62).

A. Methode von Recknagel. Bestimmung der Ventilationsgrösse mittelst des Differentialmanometers.

A. Methode von RECKNAGEL. Das Princip derselben ist in kurzem folgendes:

Die Gewichtsdifferenz von Luftsäulen gleicher Höhe aber verschiedener Dichtigkeit ist stets die entferntere Ursache der Luftströmung. Die Gewichtsdifferenz erzeugt eine Spannungsdifferenz und die Spannungsdifferenz wird zur Ursache der Luftströmung.

Die Druckdifferenzen, durch welche starke Luftströmungen erzeugt werden, sind nur klein. Zur Messung derselben bedient sich RECKNAGEL eines Differentialmanometers, dessen äusserer Schenkel eng (etwa 2—3 mm weit) und stark geneigt ist, während der andere Schenkel einen Cylinder von 100 mm Weite darstellt, und benützt Petroleum statt des Wassers. Mit Hilfe dieses Manometers, dessen äusserem Schenkel man zu diesem Zwecke am besten eine Neigung von 3—5 % giebt, lassen sich die Druckdifferenzen, welche zur Ursache von Luftströmungen werden, hinreichend genau messen.

Voraussetzungen.

Sollen in solcher Weise Bestimmungen über den Luftwechsel, welcher in einem von freier Luft umgebenen Zimmer durch Temperaturunterschiede veranlasst wird, erfolgen, so muss von dem zu untersuchenden Raum folgendes vorausgesetzt werden:

a) Derselbe ist bei vollkommener Windstille durch poröse Wände von der ihn rings umgebenden freien Luft vollkommen abgeschlossen, nirgends führt ein Canal nach aussen, welcher der Grösse seines Querschnittes wegen nicht mehr als capillare Röhre gelten kann.

b) Es findet durch die Poren seines Umschlusses hindurch ein stetiger Luftwechsel, bestehend in Eintritt und gleichzeitigem Austritt gleich grosser Mengen atmosphärischer Luft, statt.

c) Zur Fixirung der Vorstellung wird die Annahme beigefügt, das die im Innern des betrachteten Raumes befindliche Luft überall eine höhere Temperatur habe als die äussere.

Nothwendigkeit einer neutralen Zone.

In einem solchen Raum muss sich nothwendig eine neutrale Zone befinden. Durch die erste Voraussetzung — des stetigen Luftwechsels — ist die Annahme ausgeschlossen, dass die innere Luft überall höheren oder überall geringeren Druck ausübe, als die äussere, weil in beiden Fällen die Strömung durch die Poren nur einseitig, entweder von innen nach aussen oder von aussen nach innen stattfände. Vielmehr muss angenommen werden, dass in gewisser Höhe der innere Druck dem äusseren, in anderer Höhe der äussere dem inneren überlegen ist.

Da die Spannungen nur durch Gewichte von Luftschichten und demnach stetig wachsen, so muss auch der Ueberdruck als Differenz solcher Spannungen, in irgend einer Höhe zwischen zwei Stellen, wo er verschiedene Vorzeichen hat, einmal Null und somit die innere mit der äusseren Luft im Gleichgewichte sein.

Diese Stelle des Gleichgewichts kann weder am Boden liegen, noch an der Decke; denn läge sie am Boden und wäre also die an demselben anliegende Luft gegen die äussere Luft im Gleichgewicht, so würde der Boden Luft weder hereinnoch herauslassen, in jeder anderen Höhe aber wäre der innere Druck dem äusseren überlegen, und folglich würde im Ganzen blos Ausströmen der Luft stattfinden, was gegen die Voraussetzung ist. Eben so wenig kann die Stelle des Gleichgewichts an der Decke liegen, weil dann die Luft nur einströmen würde. Es bleibt also nichts übrig als die Annahme, dass das Gleichgewichtsniveau sich innerhalb der verticalen Begrenzung des Raumes befindet.

Von diesem Niveau aus wächst nach der Decke zu der Ueberdruck der inneren (warmen) Luft über die äussere (kalte), nach dem Boden zu der Ueberdruck der äusseren Luft über die innere.

Demnach findet unterhalb des genannten Niveaus Einströmen, oberhalb desselben Ausströmen der Luft statt.

Berechnung des Ueberdrucks.

Die Berechnung des Ueberdrucks erfolgt dann in folgender Weise:

a) Die Grösse des Ueberdrucks (in Kilogrammen pro Quadratmeter oder in Millimetern Wasserhöhe) an einer Stelle, welche um h^m von dem Niveau des Gleichgewichts absteht, wird erhalten, wenn man die Gewichte zweier Luftsäulen von der Höhe h vergleicht, welche 1 qm zur Basis und im Uebrigen die Beschaffenheit derjenigen inneren und äusseren Luft haben, welche zwischen dem Niveau des Gleichgewichts und der betrachteten Stelle liegt. Die Differenz dieser Gewichte ist der fragliche Ueberdruck.

b) Die absolute (ohne Rücksicht auf das Vorzeichen gebildete) Summe der Spannungsdifferenzen p_2 und p_0, welche zu beiden Seiten der Gleichgewichtsstelle in der Entfernung H von einander auftreten, ist gleich dem Gewichtsunterschied zwischen zwei über der Flächeneinheit aufgebauten Luftsäulen von der Höhe H, welche einerseits mit der Luft des Raumes, andererseits mit der Luft seiner Umgebung gleiche Dichtigkeit haben.

Experimentelle Bestimmung des Ueberdrucks und der Lage der neutralen Zone.

Experimentelle Bestimmung des Ueberdrucks und der Lage der neutralen Zone.

Hat man sich überzeugt, dass ein Raum die Bedingungen für die Anwendbarkeit der voranstehenden Sätze annähernd erfüllt, so lässt sich die Lage der Gleichgewichtslinie mit Hülfe des Differentialmanometers experimentell bestimmen, indem man in der Nähe der oberen und der unteren Begrenzung eiserne Rohrstücke durch die Wände oder Thüren hindurchsteckt und das innere Ende derselben mit dem inneren oder äusseren Niveau des Manometers durch einen Kautschuckschlauch verbindet. Ist das Manometer in dem zu untersuchenden Zimmer

selbst aufgestellt und hat man das äussere Niveau mit dem oberen Rohrstück verbunden, so steigt die Flüssigkeit im äusseren Schenkel um den Ueberdruck, welchen die innere Luft oben über die äussere übt. Dieser Ueberdruck soll mit p_2 bezeichnet werden. Setzt man nun überdies das innere Niveau mit dem unteren Rohrstück in Verbindung, so erfolgt ein neues Steigen des Manometers um den Ueberdruck (p_0), welchen unten die äussere Luft über die innere besitzt.

Bezeichnet man mit h die gesuchte Höhe der neutralen Zone über dem Boden, mit H die ganze Höhe des Raumes, so ergiebt sich bei Annahme gleicher Temperatur innerhalb und ausserhalb des Raumes die Proportion

$$p_0 : p_2 = h : (H - h)$$

$$h = H \frac{p_0}{p_0 + p_2}$$

Wird nun ein drittes Rohr in der Höhe h über dem Boden ins Freie geführt, so zeigt das Manometer keinen Ausschlag. Zugleich überzeugt man sich, dass $p_0 + p_2 = p$ ist, d. h. gleich der aus der Temperaturdifferenz der beiden Luftsäulen von der Höhe AB berechneten Spannungsdifferenz.

Die Kenntniss der neutralen Zone belehrt uns über die Vertheilung des Ventilationsgeschäftes: was unterhalb derselben liegt, lässt Luft herein; was darüber liegt, lässt eine gleich grosse Menge Luft hinaus.

Aufstellung der Gleichung des Luftwechsels.

Die weitere Entwicklung ruht auf der Annahme, dass die in gleichen Zeiten durch dieselbe Wandfläche gehenden Luftmengen den zu beiden Seiten der Wand bestehenden Druckdifferenzen proportional sind. Aufstellung der Gleichung des Luftwechsels.

Ferner soll der Begriff der Durchlässigkeit oder Permeabilität einer Wand so definirt werden, dass er die Anzahl der normalen Cubikmeter Luft bezeichnet, welche durch 1 qm Wand unter dem Ueberdruck von 1 kg (1 mm Wasserhöhe) in einer Stunde hindurchgehen.

Es soll nun der Flächeninhalt des Bodens dem Flächeninhalt der Decke gleich angenommen und beide mit dem Buchstaben f bezeichnet werden. Der Umfang des Bodens sei u, die Höhe des Zimmers H, die Entfernung der neutralen Zone vom Boden h. Ferner sei mit k_0 die Durchlässigkeit des Bodens, mit k_1 die mittlere Durchlässigkeit des unteren Theils, mit k' die mittlere Durchlässigkeit des oberen Theils der verticalen Begrenzung, endlich mit k_2 die Durchlässigkeit der Decke bezeichnet. Die Grössen p_0, p_2 und $p = p_0 + p_2$ haben ihre frühere Bedeutung: p_0 bezeichnet den Ueberdruck, den die äussere Luft über die am Boden befindliche innere Luft ausübt, p_2 den Ueberdruck der an der Decke befindlichen inneren Luft über die äussere.

Dann giebt die Annahme von der Unveränderlichkeit der im Zimmer befindlichen Luftmenge die Gleichung

$$f k_0\, p_0 + u\, h\, k_1 \frac{p_0}{2} = u\,(H - h)\, k' \frac{p_2}{2} + f\, k_2\, p_2.$$

Die linke Seite bedeutet die Luftmenge, welche in der Stunde durch den Boden und den unteren Theil der vertikalen Wände einströmt, während die rechte Seite der Gleichung die durch den oberen Theil der verticalen Wände und durch die Decke abströmende Luftmenge darstellt.

Es ergeben sich hieraus weiter folgende Resultate:

Der stationäre Luftwechel eines Zimmers ist dem Unterschiede zwischen seiner Temperatur und der Temperatur seiner Umgebung nahezu proportional. Abgeleitete Resultate.

Ohne Kenntniss der Durchlässigkeit lässt sich nur in einzelnen Fällen von dem Luftwechsel eines Zimmers auf den eines anderen von gleichen Durchlässigkeiten schliessen. In diesen Fällen ist das Verhältniss der Luftwechsel gleich dem der Cubikinhalte.

Bestimmung der Durchlässigkeit eines Zimmers.

Um die Durchlässigkeit zu finden kann man entweder eine Methode benutzen, die in Vergleichung des Luftwechsels zweier Zimmer von gleichen Durchlässigkeiten und verschiedenen Dimensionen bei gleichzeitiger Messung der Temperatur und Bestimmung der Lage der neutralen Zone besteht.

Bei einer zweiten Methode, die Durchlässigkeiten eines Zimmers zu finden verfährt man folgendermassen:

1) Man besimmt die Lage der neutralen Zone durch Messung des am Boden stattfindenden Ueberdrucks (p_0) und Berechnung (oder Messung) der Summe $p = p_0 + p_2$.

Dadurch erhält man einen Werth für die linke Seite der Gleichung:

$$1) \qquad \frac{p_0}{p} = \frac{f k_2 + \frac{1}{2} u H k_1}{f k_2 + u H k_1 + f k_0}$$

2) Man misst den gesammten Luftwechsel (a) nach v. Pettenkofer's Methode. Dadurch erhält man die Gleichung:

$$2) \qquad (p - p_0) f k_2 + \frac{1}{2} u H k_1 \frac{(p - p_0)^2}{p} = a.$$

Diese beiden Messungen können leicht gleichzeitig ausgeführt werden.

3) Man bahnt der Luft einen neuen Weg dadurch, dass man einen bisher verschlossenen Canal, der sich am besten nahe am Boden (z. B. im untersten Theil der Thüre) oder nahe an der Decke befindet, öffnet.

Die Luftmenge, welche durch diesen Canal strömt wird gemessen. Zugleich beobachtet man die Veränderung, welche durch das Oeffnen des Canals in der Druckvertheilung vor sich geht.

Liegt der Canal nahe am Boden, so sinkt bei seiner Eröffnung die neutrale Zone, liegt er an der Decke, so steigt sie und diese Verschiebungen geben sich durch Veränderungen im Werthe von p_0 kund, während $p = p_0 + p_2$ constant bleibt, weil es nur von der Höhe des Zimmers und den Temperaturen abhängt.

Das Verhältniss der durch den Canal stündlich ein oder ausströmenden Luftmenge zu der gleichzeitigen Aenderung des Werthes von p_0 ist der Werth des Ausdrucks $f k_0 + u H k_1 + f k_2$, welcher auf der rechten Seite der ersten Gleichung den Nenner bildet.

Lüftungsvermögen eines Zimmers.

Diesen Ausdruck, der sich aus 3 Summanden zusammensetzt, welche uns sagen, was jede einzelne Wand bezüglich der Lüftung zu leisten vermag und leistet, wenn der Ueberdruck 1 mm Wasser beträgt, nennt man das Lüftungsvermögen des Zimmers.

Alsdann ergiebt sich der Satz:

Das gesammte Lüftungsvermögen eines Zimmers ist dem Quotienten aus der durch den Canal strömenden Luftmenge und der durch das Oeffnen des Canals an irgend einer Stelle des Zimmers bewirkten Aenderung des Ueberdrucks gleich. —

Die weiteren Anwendungen der Methode auf zwei aneinanderstossende Zimmer etc. würde hier zu weit führen.

B. Methode von Pettenkofer. Die Ventilationsbestimmung aus dem CO_2-Gehalt der Zimmerluft kann 2 verschiedene Wege einschlagen: Entweder lässt man eine beliebige aber starke CO_2-Production von einem bestimmten Augenblick an aufhören; macht dann die erste CO_2-Bestimmung; überlässt das Zimmer sich selbst, ohne dass die Production fortgeht, und macht nach gemessener Zeit eine zweite CO_2-Bestimmung; aus der Abnahme des CO_2-Gehalts berechnet man die Ventilationsgrösse. Die Berechnung erfolgt sodann nach der Methode von Seidel. — Oder man lässt die CO_2 ungehindert fortgehen, kennt aber Zahl und CO_2-Production der CO_2-Quellen; auch dann lässt sich die Ventilationsgrösse aus den Resultaten zweier in bestimmtem Zeitabstande gemachter CO_2-Bestimmungen berechnen. — Für die Rechnungsweise ist es nicht gleichgültig, ob die CO_2 auf Kosten einer gleichen Menge des vorhandenen Sauerstoffs der Zimmerluft, also z. B. durch Athmung oder Verbrennung, entstanden ist, oder ob die CO_2 auf chemischem Wege, aus Salzgemischen, entwickelt und der Luft einfach beigemengt ist. Der letztere Fall verlangt jedoch keine Berücksichtigung, da verschiedene Versuche erwiesen haben, dass bei dieser Art der Entwicklung von CO_2 niemals eine nur annähernd gleichmässige Vertheilung der CO_2 im Raum eintritt. Wird dagegen die CO_2 von mehreren vertheilten CO_2-Quellen allmählich producirt, so ist die Durchmischung der Luft fast stets eine derartige, dass eine Probe, ungefähr in mittlerer Höhe des Zimmers entnommen, den Durchschnittsgehalt der Zimmerluft repräsentirt. — Als CO_2-Quellen kann man Menschen, besser aber noch Stearinkerzen benutzen; solche Kerzen haben in einigermassen reinem Zustande eine sehr gleichmässige Zussmmensetzung; man findet in 100 gr = 75,38 gr C und 12,53 gr H; folglich liefert 1 gr Kerze = 2,764 gr CO_2 = 1,404 Liter CO_2; pro Stunde verbrennen von jeder Kerze etwa 9,6 gr, die 13,5 Liter CO_2 liefern; doch ist diese Grösse namentlich bei verschiedenen Kerzen wechselnd und muss durch Wägen der Lichter vor und nach dem Brennen jedesmal controlirt werden. —

B. Methode von Pettenkofer. Bestimmung der Ventilationsgrösse aus der Veränderung des CO_2-Gehalts der Luft.

Art der CO_2-Production.

CO_2-Production von Stearinkerzen.

Die Berechnung selbst bietet gewisse unvermeidliche Schwierigkeiten, die aus einer einfachen Betrachtung erhellen: Beim Ventilationsvorgang tritt immer eine sofortige Mischung der Luft in jedem kleinsten Zeittheilchen ein; und es wird die Veränderung des CO_2-Gehalts durch frische Luft gleichsam wie ein Auswaschen gefärbter Flüssigkeiten durch reines Wasser vor sich gehen. Diese stete Aenderung und diese stete Entfernung eines minimal anders zusammengesetzten Gemisches in kleinsten Zeittheilchen erschwert die Berechnung der Ventilationsbestimmung in so fern, als dieselben nothgedrungen zu dem Begriff des Differentials und zu der Rechnung mit Intregalen führen.

Schwierigkeiten der Berechnung.

1) Ventilationsbestimmung aus der Abnahme des CO_2-Gehalts.

Es ist trotzdem sehr leicht verständlich, in welcher Weise die Berechnung der Ventilationsgrösse bei dem ersten Verfahren aus der Abnahme des CO_2-Gehalts erfolgen muss: In einem Zimmer, das m C.M. gross sei, möge bei Beginn der Beobachtung der CO_2-Gehalt p_1 sein; der ganze Raum hat dann mp_1 C.M.CO_2.

Berechnung.

Am Ende der Beobachtungszeit findet man nun viel weniger CO_2: nämlich p_2; alsdann beträgt die gesammte CO_2-Menge nur $m.p_2$ C.M. CO_2.

Vermindert hat sich also die CO_2-Menge um $mp_1 - mp_2, = m(p_1 - p_2)$.

Wenn nun die Beobachtungszeit unendlich klein war, $= dt$, so wird auch die Differenz $p_1 - p_2$ unendlich klein werden; diese bezeichnen wir mit dp; die CO_2-Veränderung im ganzen Raum beträgt dann also mdp.

Diese Veränderung ist nun dadurch hergestellt, dass C C-M. frischer Luft vom CO_2-Gehalt a und während der Zeit dt zuströmten, während gleichzeitig C C-M. Luft vom CO_2-Gehalt p aus dem Raum abgeführt wurden. Also ist

$$mdp = Cadt - Cpdt = C(a - p)dt$$
$$= - C(p - a)dt =$$
$$- \frac{dp}{(p - a)} = \frac{C}{m} dt.$$

Durch Intregation erhält man hieraus:

$$- \int_{p^1}^{p^2} \frac{dp}{p - a} = \frac{C}{m}(t_2 - t_1);\ \log \frac{p_1 - a}{p_2 - a} = \frac{C}{m} T, T = t_2 - t_1;$$

folglich:

$$C = \frac{m}{T} \log \frac{p_1 - a}{p_2 - a}$$

und für die Zeiteinheit z. B. für die Stunde

$$C = m \cdot \log \frac{p_1 - a}{p_2 - a}$$

Verwandelt man nun den log. natur. in den gewöhnlichen Logarithmus, um die Rechnung auszuführen, so ergiebt sich:

Seidel's Formel.

$$C = 2.303 . m . \log \frac{p_1 - a}{p_2 - a};$$

somit eine ganz einfache Formel, nach der sehr leicht zu rechnen ist.

Ausführung der Methode.

Diese Methode ist daher für Jeden leicht anwendbar. — Die Ausführung des Versuchsverfahrens geschieht dabei in der Weise, dass man zunächst eine bedeutende Menge CO_2 durch Verbrennen zahlreicher Kerzen oder durch die Athmung vieler Menschen im Zimmer producirt. Die genaue Kenntniss der Production der einzelnen CO_2-Quellen ist dabei nicht erforderlich. Man entfernt sodann die CO_2-Quellen, (lässt die Menschen

das Zimmer verlassen oder löscht die Kerzen aus) und macht nun eine CO_2-Bestimmung nach den pag. 129 gegebenen Vorschriften; darauf lässt man das Zimmer 1—2 Stunden geschlossen und wiederholt dann die CO_2-Bestimmung; die Zeitdifferenz zwischen beiden Versuchen ist genau zu messen.

Fehlerquellen der Methode.

Eine Fehlerquelle entsteht dadurch, dass man entweder nach der Ausführung der ersten CO_2-Bestimmung das Zimmer verlassen und vor Beginn der zweiten wieder betreten, somit also 2 mal die Thüre öffnen und die Ventilation momentan vermehren muss; oder dass man im Zimmer bleibt, dann aber durch die eigene Production stetig den CO_2-Gehalt beeinflusst. Wollte man die producirte CO_2 mit in Anschlag bringen, so würde die Rechnung gleich ausserordentlich viel complicirter. — In beiden Fällen ist jedoch der Fehler nicht bedeutend; namentlich kann man die eigene CO_2-Production vernachlässigen, sobald man nur im übrigen einen möglichst hohen CO_2-Gehalt der Luft hergestellt hat. Eventuell kann die Ausathmung auch durch ein aus Barytwasser hergestelltes Ventil erfolgen, durch welches die Ausathmungs-CO_2 absorbirt wird.

Beispiel der Berechnung.

Beispiel. In einem Schulzimmer, in dem sich 40 Kinder aufgehalten haben, wird am Ende der Unterrichtszeit und bald nach dem Fortgehen der Schulkinder die erste Kohlensäurebestimmung gemacht; dieselbe ergiebt einen Gehalt von 2,0 pro mille, also 0,002 C.M. Kohlensäure in 1 C.M. Luft.

Das Zimmer wird dann verlassen und erst nach einer Stunde wieder betreten, während welcher Thür und Fenster geschlossen bleiben; die Luft zeigt nun einen Kohlensäuregehalt von 1,0 pro mille, also 0,001 C.M. Kohlensäure in 1 C.M. Luft.

Die Grösse des Zimmers wird zu 600 C.M. gefunden.

Folglich ist nach der obigen Formel:

$$C = 2{,}3 \times 600 \times \log. \frac{0{,}002 - 0{,}0005}{0{,}001 - 0{,}0005}$$

$$= 1380 \times \log. \frac{0{,}0015}{0{,}0005} = 1380 \times \log. 3$$

$$= 1380 \times 0{,}4771213$$

= 658,4 C.M. frischer Luft, die in 1 Stunde in das Zimmer eingetreten sind.

Da nun der Ventilationsbedarf für ein Schulkind (bei einer CO_2-Production von je 10 Liter = 0,01 C.M. pro Stunde) 20 C.M. pro Stunde beträgt, so sind im Ganzen pro Stunde 800 C.M. frische Luft für das untersuchte Zimmer erforderlich, wenn der CO_2-Gehalt niemals mehr, als 1,0 pro mille betragen soll; und 2000 C.M., wenn der CO_2-Gehalt höchstens auf 0,7 p. m. steigen soll. Im ersten Fall sind folglich nach 142 C.M. frische Luft pro Stunde extra zuzufügen, was leicht durch Oeffnen einzelner Fensterscheiben, oder wenig kostspielige künstliche Ventilationsanlagen zu bewirken sein würde. Im zweiten Fall dagegen, wenn der CO_2-Grenzwerth schon zu 0,7 p. m. normirt wird, darf das ganze fehlende Luftquantum nicht durch künstliche Ventilationsanlagen ersetzt werden, da die Luftzufuhr dann mehr wie das dreifache des Cubikraums beträgt und daher ohne belästigende Nebenwirkung nicht durchgeführt werden kann. Es ist also in solchem Falle für die 40 Kinder unbedingt ein grösseres Zimmer zu wählen; das untersuchte Zimmer reicht dagegen nur für 36 Kinder aus, wenn bei einer stündlichen Luftzufuhr von 1800 C.M. der CO_2-Gehalt nicht über 0,7 p. m. steigen soll.

$$\left(C = \frac{n \cdot k}{p - a},\ 1800 = \frac{n \cdot 0{,}01}{0{,}0007 - 0{,}0005},\ n = 36\right).$$

Uebrigens ist nochmals hervorzuheben, dass nicht eine Ventilationsbestimmung zur Beurtheilung des natürlichen Lüftungsvermögens eines Zimmers ausreicht, sondern dass aus verschiedenen, unter abweichenden Verhältnissen gemachten Bestimmungen ein Durchschnittswerth abgeleitet werden muss; namentlich ist auch zwischen Heizperiode und warmer Jahreszeit zu unterscheiden. —

2) Ventilationsbestimmung aus dem Ansteigen des CO_2-Gehaltes bei fortlaufender Production.

Die zweite Methode, welcher eine bekannte fortlaufende CO_2-Production im Raume zu Grunde liegt, ist in der Ausführung sehr einfach. Man macht, während man sich in dem zu untersuchenden Zimmer befindet, zu einer beliebigen, aber genau notirten Zeit eine erste CO_2-Bestimmung; gleichzeitig entzündet man eine Anzahl von gewogenen Kerzen (für je 20 C.M. Raum 1—2 Kerzen). Nach einer gewissen Zeit, 1—2 Stunden oder auch länger, macht man die zweite CO_2-Bestimmung, löscht dann alle Kerzen aus und wägt sie zurück. Die CO_2-Production durch letztere verrechnet man mit 1,404 Liter CO_2 pro 1 gr Kerze; die eigene CO_2-Production wird mit ca. 27 Liter (also = 2 Kerzen) in Rechnung gesetzt, wobei der höhere Betrag durch die zur Ausführung der Bestimmungen nöthigen Bewegungen motivirt ist. (Vgl. oben.)

Ausführung.

Berechnung mittelst der Hagenbach'schen Formel.

Schwieriger ist die Berechnung der Ventilationsgrösse aus den so erhaltenen Zahlen. Dieselbe erfolgt nach einer von Hagenbach angegebenen Formel, auf deren Ableitung hier nicht eingegangen werden kann und welche lautet:

$$\log. \text{nat.} \frac{K_1 - K - \frac{mq}{V}}{K_2 - K - \frac{mq}{V}} = \Theta . U,$$

und es bedeutet darin:

V = die Menge der pro Zeiteinheit eintretenden frischen Luft in C.M.
ε = den Cubikinhalt des untersuchten Wohnraums in C.M.
$\frac{V}{\varepsilon} = U$ = den Ventilationscoëficienten, d. h. also das Verhältniss der in der Zeiteinheit zutretenden Luftmenge zum Luftraum des Zimmers.
q = die CO_2-Production einer CO_2-Quelle pro Zeiteinheit (in C.M.).
m = die Anzahl der CO_2-Quellen.
Θ = die Zeitdauer in Zeiteinheiten.
K_1 = den CO_2-Gehalt der Zimmerluft im Anfang von Θ } in C.M.
K_2 = denselben zu Ende von Θ } in C.M.
K = den CO_2-Gehalt der eintretenden Luft } in C.M.

Als Zeiteinheit wird gewöhnlich die Stunde, bei kürzeren Versuchszeiten die Viertelstunde, zu Grunde gelegt.

Die Berechnung nach dieser Formel ist scheinbar deshalb sehr langwierig, weil die Unbekannte V in beiden Seiten der Gleichung enthalten

ist und daher die Berechnung durch Einsetzen von Probewerthen erfolgen muss. Doch genügen fast unter allen Umständen 2—3 Versuche, um einen Annäherungswerth zu ermitteln, und alsdann kommt man durch einmalige Bildung des Differentialquotienten zu einem hinreichend genauen, definitiven Resultat.

Beispiel der Berechnung:

Beispiel der Berechnung.

Gegeben sei: Zeiteinheit = Viertelstunde
ε = 65,0 C. M.
q = 0,003375
m = 3
Θ = 24
K = 0,0004
K_1 = 0,0004
K_2 = 0,00237.

Setzt man nun probeweise V = 4,5, U folglich = 0,0692, so lautet die Formel:

$$\text{log. nat.} \frac{0{,}0004 - 0{,}0004 - \frac{3 \cdot 0{,}003375}{4{,}5}}{0{,}00237 - 0{,}0004 - \frac{3 \cdot 0{,}003375}{4{,}5}} - 24 \cdot 0{,}0692.$$

Rechnet man die einzelnen Ausdrücke in gewöhnlicher Weise aus, so ergiebt sich: log. nat. $\frac{-0{,}00225}{-0{,}00028} = 1{,}661$; oder: 2,303 · log. 8,04 = 1,661; oder *2,082 = 1,661*; folglich geben beide Gleichungsseiten verschiedene Werthe und die eingesetzten Probewerthe sind nicht richtig.

Man wählt nun V z. B. = 5; folglich U = 0,077; alsdann erhält man in derselben Weise: log. nat. $\frac{-0{,}002025}{-0{,}000055} = 1{,}848$, oder: 2,303 · log. 37 = 1,848 oder: *3,606 = 1,848;* die beiden Gleichungsseiten weichen jetzt noch mehr von einander ab; folglich sind neue Probewerthe nicht jenseits 4,5, sondern unter dieser Zahl zu suchen.

Wählt man jetzt V = 3, U = 0,0462, so findet man als Resultat: 0,*844* = 1,*1109*. Man ersieht nunmehr, dass die richtige Zahl zwischen V = 4,5 und V = 3 liegen muss; und man kann entweder mit dem Einsetzen von Probewerthen innerhalb dieser Grenzen fortfahren, bis Uebereinstimmung zwischen beiden Gleichungsseiten besteht; oder man bildet den Differentialquotienten nach folgender Formel:

$$\Theta \cdot U_1 - L \frac{K_1 - K - \frac{mq}{U_1 \cdot \varepsilon}}{K_2 - K - \frac{mq}{U_1 \cdot \varepsilon}} = -\delta \left[\Theta - \frac{mq}{\varepsilon \cdot U^2} \left(\frac{1}{K_1 - K - \frac{mq}{U_1 \cdot \varepsilon}} - \frac{1}{K_2 - K - \frac{mq}{U_1 \cdot \varepsilon}} \right) \right].$$

Das durch Auflösung dieser Gleichung erhaltene Resultat wird dem Probewerth addirt oder subtrahirt, um dadurch sofort eine hinreichend genaue Zahl zu erhalten. — Es ist übrigens in vielen Fällen nahezu ebenso einfach, durch weiteres Einsetzen von Probewerthen zum Ziele zu gelangen; im gegebenen Beispiel findet man z. B. sehr bald, dass bei der Annahme von V = *3,94* und U = *0,0606* sich ergiebt:

$1{,}4544 = 1{,}455$; so dass also durch diese Werthe für V und U die wirkliche Ventilationsgrösse des Zimmers gegeben ist.

Annähernde Berechnung mittelst der Formel von Kohlrausch.

Eine einfachere Formel ist von KOHLRAUSCH angegeben. Dieselbe ist folgendermassen gebildet: In der ersten Minute muss der Zuwachs an CO_2 in der Zimmerluft betragen $= m \cdot q + K \cdot V - K_1 \cdot V$

$$= mq + (K - K_1)\ V;$$

in der letzten Minute beträgt der Zuwachs:

$$= mq + K \cdot V - K_2 \cdot V = mq + (K - K_2)\ V.$$

Im Mittel während der Zeit Θ kann demnach annähernd gesetzt werden:

$$\tfrac{1}{2}\ [mq + V(K - K_1) + mq + V(K - K_2)] = mq + V\left(K - \frac{K_1 + K_2}{2}\right).$$

Die Zunahme der CO_2 während der Zeit Θ war daher:

$$\left[mq + V\left(K - \frac{K_1 + K_2}{2}\right)\right] \Theta,$$

und das Verhältniss dieser Quantität zum ganzen Raume oder die Zunahme an CO_2-Gehalt:

$$\frac{\left[mq + V\left(K - \frac{K_1 + K_2}{2}\right)\right] \Theta}{\varepsilon}.$$

War nun der ursprüngliche Gehalt K_1, der schliessliche K_2, so ist diese Zunahme auch auszudrücken durch $K_2 - K_1$; folglich:

$$\frac{\left[mq + V\left(K - \frac{K_1 + K_2}{2}\right)\right] \Theta}{\varepsilon} = K_2 - K_1,$$

$$\text{oder } V = \frac{(K_2 - K_1)\frac{\varepsilon}{\Theta} - mq}{K - \frac{K_1 + K_2}{2}} \quad \text{oder } V = \frac{mq + (K_1 - K_2)\frac{\varepsilon}{\Theta}}{\frac{K_1 + K_2}{2} - K}.$$

Nach dieser Gleichung ist zwar sehr einfach zu rechnen; sie giebt aber unsichere Resultate, weil der angenommene Mittelwerth nur annähernd den wahren erreicht; namentlich wird die Formel bei längeren Versuchszeiten durchaus unbrauchbar. Bei kürzer dauernden Versuchen kann man die mit dieser Formel berechneten Werthe benutzen, um sie als erste Probewerthe in die HAGENBACH'sche Formel einzusetzen. —

3) Ventilationsbestimmung durch gleichzeitige Ermittlung des wahren durchschnittlichen CO_2-Gehalts, nach Jacoby.

Eine sehr einfache und durchaus genaue Methode ist dagegen von JACOBY vorgeschlagen. Sie beruht darauf, dass man den wahren mittleren CO_2-Gehalt der gleichmässig austretenden Luft während der ganzen Zeit Θ experimentell ermittelt und dessen Werth $= p$ neben den Resultaten der gewöhnlichen CO_2-Bestimmungen K_1 und K_2 in die Gleichung einsetzt. Diese experimentelle Ausmittelung gelingt mit Hülfe der früher (pag. 141) beschriebenen zweiten PETTENKOFER'schen Methode der CO_2-Bestimmung, bei welcher der ununterbrochene gleichmässige Strom des Aspirators in ausserordentlich kleinen Zeitabschnitten ausserordentlich kleine Luftproben fortreisst und durch das gebogene mit Aetzbarytlösung gefüllte Rohr hindurchleitet. Werden nun in demselben Wohnraum, zu derselben Zeit

und unter den gleichen Umständen, K_1, K_2 und p bestimmt, und in die Formel eingesetzt, so ergiebt sich:

$$U = \frac{\frac{\Theta m q}{\varepsilon} - (K_2 - K_1)}{\Theta (p - K)},$$

also eine ganz einfache, mit leichter Mühe aufzulösende Gleichung. — Die Ausführung erfolgt dabei so, dass man die erste Flasche zur momentanen CO_2-Bestimmung mit der zu untersuchenden Luft füllt und zugleich das Wasser aus dem Aspirator fliessen lässt; und dass man nach Verlauf einer bestimmten Zeit die zweite Flasche füllt und gleichzeitig den Aspirator schliesst. — Diese Methode scheint mit Rücksicht auf die Einfachheit der Berechnung weitaus am meisten empfehlenswerth zu sein. —

4) Ventilationsbestimmung in kleinen, mit CO_2 gesättigten Räumen.

In kleinen Räumen kann man zuweilen eine vierte Modification der Ventilationsbestimmung anwenden, die mit sehr geringer Mühe ausgeführt ist. Wird nämlich eine gleichmässige, starke CO_2 Produktion in einem relativ kleinen Raume sehr lange fortgesetzt, so muss schliesslich der CO_2 Gehalt nahezu unabhängig werden von der in dem Zimmer Anfangs vorhandenen Luft von niedrigem CO_2 Gehalt; die CO_2 Menge steigt anfangs rasch, allmählich immer langsamer und nach einer gewissen Zeit ist die Zunahme des CO_2 Gehalts so geringfügig, dass sie für unsere Methoden nicht mehr messbar ist, und der Wohnraum ist alsdann gleichsam mit CO_2 gesättigt. Die neu producirte CO_2 vertheilt sich daher lediglich auf die zuströmende frische Luft und der im Raume gefundene Procentgehalt an CO_2 ist gleich der in der Zeiteinheit producirten CO_2 Menge, vertheilt auf die in der Zeiteinheit zugetretene Luftmenge V. Man hat in solchem Falle also nach der einfachen Formel $V = \frac{mq}{K_2 - K}$ zu rechnen.

(Die Formel ist identisch mit derjenigen, die zur Berechnung des Ventilationsbedarfs dient; wie ersichtlich, passt die letztere Berechnung daher eigentlich nur für solche Fälle, wo die Sättigung der Luft bereits eingetreten ist und die im Zimmer vorhandene Luft sich scheinbar nicht mehr an den CO_2 Schwankungen betheiligt. Da dies aber de facto nur der Fall ist, wenn $\Theta = \infty$ gesetzt wird, so würde es richtiger sein, den Ventilationsbedarf in anderer Weise, z. B. aus der Hagenbach'schen Formel, zu berechnen. Doch ist für die gewöhnlich vorliegenden Verhältnisse der Fehler nicht so bedeutend, dass auf diese erheblich umständlichere Rechnung recurrirt werden müsste.)

C. Untersuchung künstlicher Ventilationsanlagen mittelst des Anemometers.

C. Für die Untersuchung künstlicher Ventilationsanlagen ist man ausser auf die bisherigen Methoden, mittelst deren die gesammte Ventilation eines Wohnraums zu ermitteln ist, auf die Untersuchung der Luftmengen angewiesen, die durch einzelne Kanäle und grössere Oeffnungen einem Wohnraume zugeführt werden. Für diese Zwecke bedient man sich der Anemometer, deren Construction und Aichung bereits pag. 66 ff. eingehend beschrieben wurde. Bei der Prüfung von Ventilationskanälen mit diesen Instrumenten hat man vor allem die mittlere Geschwindigkeit der Luftströmung festzustellen. Um diese zu erhalten, darf

man die Messung nicht an der Ausströmungsöffnung selbst, sondern nur innerhalb der Canäle, etwa 20 cm von der Aussenöffnung entfernt vornehmen; macht die Construction der Anlage eine solche Application des Anemometers unmöglich, so muss man Ansatzrohre von ungefähr gleichem Querschnitt benutzen, die man auf die Canalöffnung möglichst luftdicht aufsetzt und in welche man dann das Anemometer bis zu der gewünschten Tiefe einschiebt. Zweitens ist zu beachten, dass man die mittlere Geschwindigkeit nur dann erhält, wenn man dieselbe weder in der Achse des Rohrs, noch nahe der Wandung, sondern vielmehr in der Mitte zwischen Achse und Wand bestimmt; ist der Querschnitt des Canals sehr gross, so muss man das Instrument wo möglich der Reihe nach an sämmtliche Punkte des Querschnitts bringen, um ein richtiges Maass für die mittlere Geschwindigkeit zu bekommen. Ferner ist es erforderlich, stets mehrere Bestimmungen zu machen und von diesen, wenn sie einigermassen übereinstimmen, das Mittel zu nehmen; sowie jede einzelne Bestimmung mindestens 3—4 Minuten dauern zu lassen. — Die Luftmenge die durch den betreffenden Canal zugeführt wird, erfährt man sodann durch Multiplication der mittleren Geschwindigkeit mit dem Querschnitt des Canals; $V = Q. v$, wo V die in der Zeiteinheit zugeführte Luftmenge in C.M., Q den Querschnitt in Quadratmetern, v die mittlere Geschwindigkeit in Meter pro Zeiteinheit bedeutet.

Cautelen bei der Ausführung der Bestimmungen.

Berechnung der zugeführten Luftmengen.

Neben der Prüfung fertiger Anlagen handelt es sich häufig noch darum, die Constructionsweise der Canäle und ihre Leistungsfähigkeit für bestimmte gegebene Verhältnisse voraus zu bestimmen. Doch ist eine derartige Aufgabe fast lediglich technischer Natur und kann daher hier nur andeutungsweise behandelt werden. — Als Motor können entweder Temperaturdifferenzen, oder die Winde, oder Maschinen benutzt werden. Im ersten Fall berechnet sich die Geschwindigkeit einer auf solche Weise hervorgebrachten Luftströmung aus der Formel $v = \sqrt{2\,gh\left(\frac{t^1 - t}{273 + t}\right)}$, worin $g = 9{,}81$ m zu setzen ist, h die Höhe der Lufstäule, t und t^1 die betreffenden Temperaturen bedeuten; diese theoretische Einströmungsgeschwindigkeit für kältere Luft in wärmere ist dann noch zu modificiren durch einen Factor k, der die Reibungswiderstände berücksichtigt und mit 0,2 bis 0,4 in Rechnung zu setzen ist. — Den Druck welchen der Wind auf eine Fläche ausübt, erfährt man nach der (auf Fuss und Pfunde berechneten) Formel $P = 0{,}0018\, q \cdot \sin.\, w \cdot v^2$, wo q den Flächeninhalt, w den Neigungswinkel der Windrichtung gegen die Fläche, v die Geschwindigkeit und 0,0018 einen constanten Factor bezeichnet. Dabei kommt es nur auf die Oeffnung an, an welcher der Wind zur Wirksamkeit gelangt; je grösser diese Mündung ist, um so mehr Luft wird cet. par. gefördert; die Ausflussöffnungen ändern höchstens die Geschwindigkeit. — Die Fortbewegung der Luft durch Maschinen ist meistens nur abhängig von der bekannten Kraft der Maschine und der Reibung; complicirter gestaltet sich die Berechnung, wenn ein Strahl comprimirter Luft in einem weiten Canale Luft mitreisst $\left(\text{Formel: } \frac{dqv^2}{g} = \frac{D \cdot Q \cdot V^2}{G}\right)$.

Gesichtspunkte für die Anlage von Ventilationskanälen.

Sehr wichtig sind für die Anlage gewisse Cautelen, die theils die Geschwindigkeit der zugeführten Luft, theils die Grösse und Lage der Canalöffnungen betreffen. Als Maximum der Geschwindigkeit kann man 0,5 m pro Sec. annehmen (bei + 16° 0,8—1,0 m, von da abnehmend bis 26°). Zur Verlangsamung der Ausströmung dient eine Erweiterung der Ausströmungsöffnung; Anbringen von Drahtgittern ohne Erweiterung des Querschnitts wirkt nur vertheilend, nicht verlangsamend. — Ferner können Einrichtungen an den Einströmungsöffnungen getroffen werden, welche die Richtung des Luftstroms beeinflussen, ihn zunächst einen grösseren Weg in den oberen Theilen des Zimmers zurücklegen lassen und so seine Geschwindigkeit mässigen. Die Grösse der Querschnitte ist abhängig von der Gesammtmenge der zuzuführenden Luft und der maximalen Geschwindigkeit des Luftstroms, die zu 0,5 m angenommen wird; $\frac{V}{v} = Q$. Sollen für jeden Bewohner eines Zimmers 100 C.M. Luft pro Stunde, pro Sec. also 0,028 C.M. zugeführt werden, so ergiebt sich der Querschnitt zu $\frac{0{,}028}{0{,}5} = 0{,}056$ □ m pro Kopf. — Die Zahl der anzulegenden Oeffnungen berechnet sich daraus unter der Voraussetzung, dass die einzelne Oeffnung niemals über 0,3 □ m Querschnitt haben soll. — Bei Vorausberechnungen einer Ventilationsanlage ist stets der kleinste Querschnitt der Canäle in Rechnung zu ziehen und ausserdem sind Biegungen, Krümmungen und sonstige Widerstände zu berücksichtigen. Die Ein- und Ausströmungsöffnung ist im Allgemeinen gleich gross zu wählen; nur wenn die Luft erwärmt wird, erfordert dieser Umstand eine entsprechende geringe Vergrösserung. — Betreffs der Lage der Einströmungsöffnungen gilt es als Vorschrift, dass diejenigen für kalte Luft stets im oberen Theile des Zimmers angebracht werden; für warme Luft ist zwar dieselbe Lage in der Regel vorgezogen, doch können auch ausnahmsweise untere Einströmungsöffnungen gewählt werden. Die Ausströmungsöffnungen sind bei kalter, sich erwärmender Luft oben, höher als die Einströmungsöffnung anzubringen, bei warm einströmender Luft am zweckmässigsten in der unteren Region des Zimmers. — Näheres über Ventilationsanlagen s. in den unten citirten Handbüchern. —

Geschwindigkeitsmaximum.

Grösse und Zahl der Oeffnungen.

Lage derselben.

Literatur. Wolpert, Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung, 2. Aufl. Braunschweig 1880. — Degen, Praktisches Handbuch für Einrichtungen der Ventilation und Heizung (nach Morin's Manuel du chauffage et de la ventilation), 2. Aufl., München 1878. — Lang und Wolffhügel, Zeitschr. f. Biol. 12, 563. — v. Pettenkofer, Ueber den Luftwechsel in Wohngebäuden, München 1858. — Abh. d. naturw. techn. Comm. bei der Kön. Bayr. Akad. d. Wiss., München 1858. — Breiting, Untersuchungen betr. d. CO_2-Gehalt der Luft in Schulzimmern, Basel 1871. — Schultze u. Märcker, Ueber den CO_2-Gehalt der Stallluft, Göttingen 1869. — Märcker, Journ. f. Landw. 19, 423. — Schürmann, 4. und 5. Jahrber. der Centralstelle in Dresden. — Liebermeister, D. Arch. f. klin. Med. 7, 82. — Morin, Annal. du Conserv. des arts et mét. 9, 513, 1873. — Flügge, Beiträge zur Hygiene, Leipzig 1879, p. 25 ff. — Jacoby, Zeitschr. f. Biol. 14, 1. — Recknagel, Sitz. Ber. d. math. phys. Cl. d. K. Bayr. Akad. d. Wiss., München 1878. — Zeitschr. f. Biol. 15, 1. —

3. Untersuchung der Temperaturverhältnisse des Wohnraums und der Heizanlagen.

Untersuchung der Temperatur der Wohnräume.

Die resultirenden Temperaturen der Wohnung lassen sich zum Theil durch eine Rechnung finden, die sich verschieden gestaltet, je nachdem

die wärmere Jahreszeit, während welcher der Wohnraum im Allgemeinen nur von aussen Wärme aufnimmt, oder aber die Heizperiode vorliegt. — Vor allem haben diese Berechnungen die Temperatur der gemauerten Wände zu berücksichtigen, von denen die Temperatur der Innenluft und die Wärmeabgabe von unserem Körper innerhalb der Wohnung in wesentlichstem Grade abhängt.

Berechnung der Wohnungstemperatur für die wärmere Jahreszeit.

Für die wärmere Jahreszeit ergeben sich folgende Ueberlegungen und Berechnungen:

Die Temperatur gemauerter Wände stimmt durchaus nicht immer mit der Temperatur der umgebenden Luftschichten überein. Als ausserordentlich schlecht Wärme leitendes Material, und im Verhältniss zur Luft von einer enorm grossen Wärmecapacität, machen sie durchaus nicht alle Schwankungen der äusseren Temperatur mit. In wie weit sie sich denselben anschliessen, hängt wesentlich von der Leitungsfähigkeit ihres Materials und von ihrer Dicke ab. — Eine gewisse Stärke der Steinschicht kann selbst die Schwankungen der Jahreszeiten verwischen; gerade wie auch im Erdboden in gewisser Tiefe das ganze Jahr hindurch die mittlere Jahrestemperatur herrscht. —

Einfluss der Hauswände auf die Temperatur der Wohnungsluft.

Soll eine Mauer durch erwärmte Luft auf einen höheren Temperaturgrad gebracht werden, so gehören dazu enorme Luftmengen. Steigt z. B. die Lufttemperatur von 20 auf 25° und eine einzige Hauswand von 100 C.M. [200 □m. Fläche und $^1/_2$ m. Dicke] soll dieselbe Temperaturerhöhung erfahren, so gehören dazu, das spec. Gew. der Steinmasse auf 2100 (pro C.M.), die spec. Wärme zu 0,21 gesetzt:

$$1 \times 2100 \times 0{,}21 \times 5 = 220{,}500 \text{ W.E.}$$

Wenn jeder C.M. Luft von 25° während der Berührung mit der Wand um 5° seine Temperatur erniedrigt, so werden 153 000 C.M. Luft erst im Stande sein, den ganzen Wärmebedarf der Wand zu decken; denn $x \times 1{,}2 \times 0{,}24 \times 5 = 220{,}500$, $x = 135{,}000$; (1,2 = Gew. von 1 C.M. Luft; 0,24 = spec. Wärme der Luft).

Daraus ergiebt sich sofort, dass nur bei völlig ungehinderter freier Luftcirculation eine erhebliche Temperaturänderung der Wände statthaben kann. Bei geschlossenen Fenstern und Thüren findet daher die Erwärmung der Mauer lediglich von aussen statt, während die Innenfläche namentlich bei grosser Dicke der Mauern eine weit niedrigere Temperatur bewahren kann. — Um in einem mässig grossen Zimmer von im Ganzen 100 □m. Wandfläche, nur auf 1 Cm. Dicke die innere Oberfläche um 1° zu erwärmen, würden immerhin schon 441 W.E. erforderlich sein; erst 1400 C.M. Luft müssten um je einen Grad ihrer Temperatur an den Wandungen erkalten, bis diese Wärmemenge abgegeben sein würde.

Die Hauswände bilden demnach ungeheuere Wärmereservoire, die langsam Wärme in grossen Mengen aufspeichern und sie ebenso langsam aber nachhaltig wieder an die kühlere Umgebung abgeben können. Sie sind in ihrer Temperatur unabhängig von der Lufttemperatur der inneren Wohnräume; vielmehr wirken sie umgekehrt bestimmend auf die Lufttemperatur ein, indem sehr grosse Luftmengen an diesen Reservoiren erwärmt resp. abgekühlt werden können; und in gleicher Weise hängt die Temperatur der im Zimmer befindlichen Gegenstände, der Betten etc. ganz wesentlich von den Wandtemperaturen ab.

Nun sind aber die Wände in sehr vielen Fällen noch einer besonderen Wärmequelle ausgesetzt, die dann in ganz überwiegendem Maasse ihre Temperatur bestimmt, nämlich der directen Bestrahlung durch die Sonne.

Leider ist der Grad dieser Erwärmung, ihr Verlauf und ihre Abhängigkeit von verschiedenen Bedingungen noch nicht völlig klar gelegt; namentlich fehlt es noch an den nöthigen Constanten, ohne deren Feststellung eine Berechnung des jedesmaligen Effects nicht möglich ist.

Einfluss der Sonnenstrahlung auf die Hauswände.

Wie die Erwärmung jedes Körpers und z. B. auch der Erdoberfläche, wird die Erwärmung der Hausmauern durch die Sonnenstrahlen vor allen Dingen abhängig sein von der Dauer der Bestrahlung; dann von deren Intensität; und diese letztere hängt wiederum ab einmal von dem Winkel, unter dem die Strahlen auffallen und dann von der Absorption der Sonnenstrahlen durch die Atmosphäre, die sehr verschieden grosse Mengen aufnimmt, je nach der Dicke der durchstrahlten Luftschicht und je nach deren Gehalt an Wasserdampf und Wasserbläschen.

Andererseits kommen nicht minder die Eigenschaften des die Strahlen aufnehmenden Mediums in Betracht, namentlich also das Absorptionsvermögen der Oberfläche der Mauern. Je nach der grösseren oder geringeren Rauhigkeit der Oberfläche, nach der Farbe etc. wird dasselbe varriiren; doch sind untere Kenntnisse in dieser Beziehung noch äusserst lückenhaft.

Berechnung der Wandtemperaturen.

Bei gegebener Aussentemperatur lässt sich jedoch die Innentemperatur ungefähr in folgender Weise berechnen:

Nennt man

t' = die gesuchte Temperatur der inneren Wandfläche;

t = die Temperatur der äusseren, erhitzten Wandfläche;

t'' = die Temperatur der Luft im Innern und der inneren Wandfläche vor der Bestrahlung;

C = den Coëfficienten für das Wärmeleitungsvermögen eines Würfels von 1 Cm. pro 1 Stunde und 1° Temp.-Differenz = 1,32 W.-E.;

S = das Strahlungsvermögen pro 1 □ M. Fläche und 1 Stunde; für Bausteine = 3,6 W.-E.;

L = das Leitungsvermögen für vertikale Flächen pro 1 □ M. und 1 Stunde (nach der Formel: $L = 0{,}3175 + \frac{0{,}209}{\sqrt{h}}$, per 1 □' und per Stunde in halben W.-E.); h hier gleich 5 M. gesetzt = 2,06 W.-E.;

d = die Mauerdicke = 0,5 M.

und nimmt man nun t zu 35°, t'' zu 25° an, so lässt sich t berechnen nach der Formel:

$$t' = \frac{Ct + (S + L) . d . t''}{C + (S + L) d},$$

oder ungeformt:

$$t' = \frac{t - t''}{1 + (S + L)\frac{d}{C}} + t''.$$

Folglich:

$$t' = \frac{35 - 25}{1 + (3{,}6 + 2{,}06)\frac{0{,}5}{1{,}32}} + 25 = 28{,}2;$$

d. h. also, wenn die äussere Oberfläche einer Mauer von 0,5 M. Dicke auf 35° erhitzt wird, während die Luft, resp. Innentemperatur 25° beträgt, so erhöht sich die Temperatur der inneren Oberfläche bis auf 28,2°.

Allerdings ist eine beträchtliche Zeit erforderlich bis diese Temperatur sich herstellt. Es geht das schon aus der einfachen Erwägung hervor, dass jeder □ M. Fläche der Wand, bei $^1/_2$ M. Dicke, zur Erwärmung auf die herzustellende mittlere Temperatur von $\frac{35 + 28,2}{2} = 31,6^0$ eine Temperaturerhöhung seiner Masse um etwa 31,5—25 = 6,6° und dazu nicht weniger als 1455 W.-E. bedarf; während andererseits das Leitungsvermögen des Materials ein so ausserordentlich schlechtes ist.

Besonders zu betonen ist, dass diese Temperaturerhöhung der Wände in sehr hohem Grade auch auf die Luft der Wohnräume einwirken muss.

Transmission der aufgenommenen Wärme.

Während der Dauer der Bestrahlung transmittirt die Wand beträchtliche Wärmemengen an die Luft des Innenraums, ohne selbst die Temperatur wesentlich zu ändern. Bei 28° warmer Innenfläche und 25° warmer Luft berechnet sich die Transmission der Wärme nach der Formel:

$$v = \frac{(S + L) . (t - t')}{1 + (S + L) \frac{d}{C}}, = \frac{5,66 \times 3}{1 + 5,66 \times \frac{0,5}{1,32}}$$

$$v = 5,4 \text{ W.-E. pro } 1 \, \square\text{M. und } 1 \text{ Stunde,}$$

folglich für eine Wandfläche von 50 □M. auf 270 W.-E.; damit könnten aber stündlich 208 C.M. Luft um 5° erwärmt werden. Es wird daher selbst bei ergiebigster Ventilation sehr schwer eine Abkühlung der Wand durch die kältere Innenluft stattfinden, sondern die Temperatur der letzteren wird im Gegentheil dauernd erhöht und so die Abkühlung der inneren Wandfläche noch mehr behindert werden, und nur andere kühlere Zimmerwände und die Gegenstände im Zimmer sind zur Aufnahme einigermassen beträchtlicher Mengen von transmittirter Wärme geeignet.

Die Wände sind somit von entscheidendem Einfluss auf unsere Wärmeabgabe innerhalb der Wohnräume und zwar wird dieser Einfluss in der warmen Jahreszeit je nach der Dauer und Intensität der Bestrahlung der einzelnen Wände variiren.

Berechnung der Temperatur der Wohnräume für die Heizperiode.

In ganz ähnlicher Weise lässt sich auch der Wärmeeinfluss der Wände im Winter berechnen; auch während der Heizperiode erfordert die Erwärmung der Wände den weitaus grössten Aufwand von Brennmaterial, während die Luft eines Zimmers ausserordentlich rasch und mit geringem Material zu erwärmen ist. — Um die Wärmemenge zu berechnen, die im Ganzen erforderlich ist, um einen Wohnraum auf eine bestimmte Temperatur zu erwärmen, bedient man sich einer Formel von Peclet,

zu welcher folgende, meist aus den detaillirten Bauplänen des Hauses zu entnehmenden Zahlen gegeben sein müssen:

M = die Mauer-, Deck- und Bodenflächen, welche den zu beheizenden Raum gegen einen nicht geheizten abschliessen, die Fensterflächen nicht mitgerechnet; Formel zur Berechnung der für die Beheizung erforderlichen Wärmemenge.

F = die Fensterflächen in dem fraglichen Raume;

e = die Mauerdicke;

$\varDelta_0$ = die mittlere Temperatur der äusseren Luft im Winter;

$\varDelta$ = die Temperatur in dem zu beheizenden Raume;

m und n = zwei Constante, welche von der Natur des Baumaterials abhängen;

p = Die Wärmemenge, welche stündlich durch 1 □ Fensterfläche bei einer Temperaturdifferenz von 1° C. verloren geht;

f = ein Coëfficient, welcher davon abhängt, ob die Heizung continuirlich oder mit Unterbrechung erfolgt.

Nach Peclet ist $f = 1{,}2$ zu setzen, wenn nur bei Tage geheizt wird; $n = 0{,}68$ und $m = 9$ bei Backsteinen; p = bei einfachen Glasfenstern = 3,66, bei Doppelfenstern = 2,00.

Bezeichnet dann W = die Wärmemenge, welche pro Stunde die Beheizung der Räume erfordert, so ist:

$$W = f\left(\frac{mn}{me + n} M + p \,.\, F\right)(\varDelta - \varDelta_0).$$

Aus dem kennen gelernten Wärmebedarf lässt sich sodann der Bedarf an Brennmaterialen berechnen. Dabei legt man folgende Zahlen für den Heizeffect derselben zu Grunde: 1 Centner Steinkohlen entwickelt circa = 250,000 W.-E.; 1 Centner Torf = 150,000 W.-E.; 1 Klafter hartes Holz = 4·461,000 W.-E.; 1 Klafter weiches Holz = 3·465,000 W.-E. — Die erforderlichen Wärmemengen kann man indessen nicht durch eine gleiche Menge Wärmeeinheiten der Brennmaterialien decken; sondern bei jeder Heizanlage kommt nur ein relativ geringer Bruchtheil der Erwärmung der Zimmer zu Gute, während der grösste Theil der aus den Brennmaterialien gewonnenen Wärmemenge unbenutzt verloren geht. Je nach der Heizanlage ist dieser Bruchtheil verschieden; im grossen Durchschnitt kann man nur etwa 32 bis 36 % der producirten Wärme als nutzbar in Anschlag bringen. Das Verhältniss der zur Beheizung wirklich nothwendigen Wärmemenge zu der vom verwendeten Brennmaterial entwickelten Wärmemenge bezeichnet man als „effectives Güteverhältniss der Heizung.“ — Häufig versteht man auch unter Güteverhältniss der Heizanlagen das Verhältniss der in den Wohnungsraum überhaupt gelieferten oder auch der an die Heizfläche abgegebene Wärmemengen zu der von den Brennmaterialien entwickelten. Bei dieser Auffassung erhält man natürlich höhere Ziffern für das Güteverhältniss, die aber nicht die gleiche Bedeutung für die Durchwärmung des Raums und die Wärmeabgabe der Bewohner haben. — Deckung des Wärmebedarfs. Effectives Güteverhältniss der Heizanlagen.

Die Untersuchung der Beheizungsvorrichtungen hat sich im Einzelnen zunächst auf die Brennmaterialien, dann auf die Heizanlagen

und ferner im hygienischen Interesse namentlich auf die Effecte der Heizung innerhalb der Wohnung zu erstrecken.

Untersuchung der Brennmaterialien.

Die Brennmaterialien werden chemisch nach den gewöhnlichen analytischen Regeln untersucht. Die Wasserbestimmung von Kohlen hat durch kurzes Trocknen zu erfolgen, da bei längerem Trocknen Sauerstoffaufnahme und CO_2-Abgabe erfolgt. Die Aschenbestimmung führt man bei anfangs kleiner Flamme im Platintiegel aus; zur N-Bestimmung bedient man sich der WILL-VARRENTRAPP'schen Methode; die C- und H-Bestimmung erfolgt auf elementaranalytischem Wege. Von Interesse ist namentlich die Bestimmung des Schwefels. Dieselbe geschieht am besten durch Verbrennung im Sauerstoff; die Probe der Kohlen oder Coaks wird in einem Schiffchen in ein Verbrennungsrohr gebracht und dieses erhitzt, während Sauerstoff hindurchgeleitet wird. Die Verbrennungsgase streichen durch einen Absorptionsapparat, welcher Brom-haltige Salzsäure enthält; die dadurch gebildete Schwefelsäure wird mit Chlorbarium gefällt. (SAUER, Zeitschr. f. anal. Ch. 1873. 32.)

Chemische Analyse.

Schwefelbestimmung.

Für die Praxis der Heizungen ist ferner die Bestimmung des Wärmeeffects der Brennmaterialien wichtig. Dabei hat man zu unterscheiden zwischen Brennkraft und Heizkraft. Letztere bezieht sich nur auf den erreichbaren Wärmegrad, und wird durch pyrometrische Messungen ermittelt (s. hierüber bei FISCHER); die Brennkraft beruht dagegen nur auf der Menge von Wärmeeinheiten, welche ein Material liefert. Diese Wärmemengen, bezogen auf ein bestimmtes Volum der Brennstoffe, geben den specifischen Wärmeeffect, bezogen auf bestimmtes Gewicht dagegen den absoluten Wärmeeffect. Die Brennkraft bestimmte man bisher gewöhnlich durch Verdampfungsversuche mit Dampfkesseln, wobei aus der Menge des bei einem bestimmten Verbrauch an Brennmaterial verbrauchten Wassers die producirte Wärmemenge berechnet wurde. Dieser Methode haften jedoch viele Schwierigkeiten und Fehlerquellen an; die Bestimmung der verdampften Wassermenge hat das Mitreissen von Wasserbläschen durch den Dampf zu berücksichtigen; ferner muss festgestellt werden, wie viel von der producirten Wärme nicht zur Dampfbildung verwendet wird, sondern durch unvollkommene Verbrennung, durch höher temperirte Rauchgase und durch Leitung und Strahlung verloren geht. Diese Antheile sind aber vorläufig nicht exact zu ermitteln. — Bessere Resultate werden mittelst der Verbrennung der Brennmaterialien im Calorimeter erreicht, wobei dieselbe entweder durch freien Sauerstoff oder durch gebundenen Sauerstoff (chlorsaures Kali) geschieht. Die Details dieser complicirten Versuche s. in dem unten citirten Werke von FISCHER pag. 129 ff. —

Bestimmung der Brennkraft; durch Verdampfungsversuche; durch Calorimeter.

Prüfung der Heizanlagen.

Die Prüfung der Heizanlagen auf ihre Fähigkeit, das Brennmaterial auszunutzen, hat ebenso, wie die vorgenannten Untersuchungen, fast lediglich technisches Interesse. Vor Allem ist dabei auf die abziehenden Rauchgase Rücksicht zu nehmen; die Menge derselben lässt sich durch Anemometer bestimmen; kennt man ausserdem die Temperatur sowohl der abziehenden Gase wie der einströmenden Luft, so erhält man die fortgeführte Wärmemenge nach der Formel $W_1 = Q \cdot d\ (T - t)\ 0{,}237$; wo Q = das Volumen der Luft bedeutet, welches in einer gegebenen Zeit das Rauchrohr durchströmt; d = deren Dichtigkeit oder das Gewicht von 1 C.M. Luft von der Temperatur der Stelle, an welcher das Volumen bestimmt wurde; T = die Temperatur der Luft beim Austritt aus der Beobachtungsstelle; t = die Temperatur der eintretenden Luft; 0,237 =

den kalorischen Coëfficienten. — Bringt man die so erhaltene Wärmemenge von der gesammten, durch das Brennmaterial in derselben Zeit entwickelten Wärmemenge in Abzug und bezeichnet letztere mit C, so ist $C - Q.d.(T-t)$ 0,237, das Maximum des kalorischen Nutzeffects; und der totale Nutzeffect des Heizapparats, *i. e.* das Verhältniss zwischen der nutzbaren Wärmemenge und der gesammten vom Brennmaterial entwickelten Wärme, wird ausgedrückt durch $\frac{C - Q.d(T-t)\ 0{,}237}{C}$. — Für genauere Versuche ist es übrigens unerlässlich, auch die Zusammensetzung der Rauchgase zu ermitteln, und die betr. specifischen Gewichte dieser Gase in Rechnung zu ziehen. (S. bei Fischer, pag. 147 ff.)

Die Untersuchung der Einwirkung der Beheizung auf die Wohnung betrifft zunächst die Temperaturänderung innerhalb der letzteren, die an den Wänden und Gegenständen sowie an der Luft zu constatiren ist. Die Messung erfolgt unter den üblichen Cautelen mit Thermometern; um die Wandtemperatur zu messen, schlägt man am besten mit einem unten ausgezahnten Gasleitungsrohr bis zu der gewünschten Tiefe horizontale Kanäle in die Mauern ein und fixirt in diesen Thermometer mit langer Skala und zwar möglichst solche, die rechwinklig gebogen sind, so dass die Skala des Thermometers vertikal steht und bequem abgelesen werden kann. — Ausser dem Temperaturgrad ist namentlich die Temperaturvertheilung zu beachten; alle bisher bekannten Heizanlagen zeigen gerade in dieser Beziehung die erheblichsten Mängel. Die hierauf gerichtete Beobachtung erfolgt durch eine grössere Anzahl regulirter Thermometer, die man je drei in einer Vertikalen über einander, eines nahe der Decke, eines am Boden und eines in der Mitte an jeder Wand aufhängt und möglichst gleichzeitig abliest; je nach Bedarf sind, namentlich in der Nähe der Einströmungsöffnungen von Heizkanälen etc. noch weitere Instrumente zu appliciren.

Untersuchung der Luftveränderung durch die Beheizung.

Beobachtung der Temperaturverhältnisse.

Einen sehr erheblichen Einfluss äussert die Beheizung auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Während im Sommer bei geringer Ventilation, hoher Sättigung der Aussenluft und bedeutender Wasserproduction im Innern des Wohnraums leicht nahezu vollständige Sättigung der Luft mit Wasserdampf eintreten kann, wirken sämmtliche Heizanlagen mehr oder weniger austrocknend auf die Wohnungsluft. Eine einfache Berechnung ergiebt, wie hochgradig diese Wirkung sein muss. Hat die Aussenluft z. B. eine Temperatur von 0°, so würde die Wasserdampftension im Zustande der vollständigen Sättigung der Luft mit Wasserdampf = 4,6 mm betragen; ist nun beispielsweise eine relative Feuchtigkeit von 90 % vorhanden, so beträgt die Wasserdampftension 4,1 mm. Tritt eine so beschaffene Aussenluft ins Zimmer ein und wird hier auf 20° erwärmt,

Veränderung des Feuchtigkeitsgehalts der Luft.

Berechnung dieser Veränderung.

so kann nunmehr die relative Feuchtigkeit sich nur noch auf 23,5 % beziffern, denn für 20° beträgt die maximale Tension 17,4 mm, folglich $\frac{x}{100} = \frac{4,1}{17,4}$, $x = 23,5$. — Es ist unter gewöhnlichen Verhältnissen keineswegs anzunehmen, dass die Luft innerhalb des Wohnraums Feuchtigkeit genug aufnehmen kann, um nur annähernd denselben Grad von relativer Feuchtigkeit wie aussen wieder zu erreichen; dazu würden enorme Wasserdampfmengen erforderlich sein. Treten z. B. in ein Schulzimmer stündlich 1800 C.M. frischer Luft von der oben angenommenen Beschaffenheit ein, so müssten diese etwa 13,000 gr Wasser zugeführt bekommen, um eine relative Feuchtigkeit von 70 % zu erreichen; denn bei 4,1 mm Tension enthält die Luft nach Tabelle 10 etwa 4,4 gr Wasser im C.M.; 1800 C.M. enthalten also = 7938 gr Wasser. Bei einer Temperatur von 20° und völliger Sättigung sind in 1 C.M. 17,15 gr Wasser, bei 70 % relativer Feuchtigkeit also 12,0 gr Wasser enthalten; folglich gehören 21 609 gr Wasser dazu, um 1800 C.M. Luft bei 20° zu 70 % zu sättigen. Da 7938 gr vorhanden sind, beträgt das Deficit 21 609 − 7938 = 13 671 gr Wasser. — Die Wasserproduction der Bewohner kommt hiergegen wenig in Betracht; gesetzt das Zimmer sei von 60 Schulkindern besetzt, so könnten diese pro Stunde doch nur ungefähr 1000 gr Wasserdampf liefern, so dass immer noch 12 671 gr an dem postulirten Sättigungsgrade der Luft fehlen würde.

Einfluss einer Wasserproduction im Wohnungsraum.

Ebenso geht aus diesen Berechnungen hervor, dass aufgestellte Wasserschalen etc. nur dann die Feuchtigkeit der Luft merklich beeinflussen können, wenn kleine Zimmer mit geringer Ventilation vorliegen. Ist z. B. die Temperatur eines Zimmers von 50 C.M. Grösse = 20°, beträgt die Feuchtigkeit der Zimmerluft 30 %, während die äussere Luft 0° warm ist und 90 % Feuchtigkeit enthält; hat man ferner die stündliche Ventilationsgrösse auf 50 C.M. bestimmt, so erfordert eine Erhöhung der relativen Feuchtigkeit auf 50 % die Verdampfung folgender Wassermengen: Um die Feuchtigkeit der 50 C.M. Zimmerluft von 30 auf 50 % zu erhöhen, sind 171,5 gr Wasser pro Stunde zu verdampfen; denn $\frac{30}{100} \cdot 17,15 = 5,145$; $\frac{50}{100} \cdot 17.15 = 8,575$; 8,575 — 5,145 = 3,43 gr pro 1 C.M.; für 50 C.M. = 171,5 gr. Um ferner 50 C.M. eintretende Luft auf denselben Feuchtigkeitsgrad zu bringen, sind erforderlich 208,25 C.M.; denn $\frac{90}{100} \cdot 4,9 = 4,41$ gr.; $\frac{50}{100} \cdot 17,15 = 8,575$ gr; 8,575 — 4,41 = 4,165 gr pro 1 C.M.; folglich für 50 C.M. = 208,25. — Im Ganzen sind demnach unter diesen höchstens für einen Menschen ausreichenden Ventilationsverhältnissen stündlich 380 gr Wasser in Dampfform der Zimmerluft zuzufügen. — Uebrigens sind die angeführten Rechnungen nur ganz approximativ, da auch bei der Veränderung der Luft in Bezug auf den Wassergehalt ähnlich wie bei der Aenderung des CO_2-Gehalts ein allmähliches Verdrängen der Luftschichten erfolgt und somit nur eine Rechnung mittelst solcher Formeln, wie sie zur Ventilationsberechnung aus dem CO_2-Gehalt der Luft dienen, genaue Resultate geben kann. Ausserdem fehlt es

vorläufig noch an Erfahrungen über die Grenzen, bis zu welchen die Wände eine ausgleichende Wirkung auf die Feuchtigkeit der Zimmerluft und namentlich der durch natürliche Ventilation eintretenden Luft ausüben können.

Die Untersuchung der Luftfeuchtigkeit in Wohnräumen erfolgt nach den pag. 74 ff. gegebenen Vorschriften mittelst des Psychrometers, Regnault-schen Hygrometers, oder einfacher mittelst der Haarhygrometer von Klinkerfues oder Koppe. Daneben ist aber vor allem die Temperatur der Luft und die Ventilationsgrösse mit zu berücksichtigen, da diese ausser dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft für die Wasserabgabe von unserem Körper massgebend sind. Letztere wird in anderer Weise von der Luftfeuchtigkeit beeinflusst, je nachdem es sich um die Wasserabgabe von der Lungenoberfläche oder um die Verdunstung von der Haut und von den Anfangstheilen der Athemorgane handelt. Bei der Athmung wird die Luft stets auf nahezu gleiche Temperatur erwärmt und mit Feuchtigkeit gesättigt ausgeathmet; die Menge des abzugebenden Wassers hängt hier also nur ab von der absoluten Menge des schon in der Aussenluft vorhandenen Wasserdampfs. Die Verdunstungsintensität von Haut und Schleimhäuten hängt dagegen von dem Sättigungsdeficit der Luft, d. h. von derjenigen Menge Feuchtigkeit ab, welche die Luft bis zur vollständigen Sättigung bei der gegebenen Temperatur noch aufnehmen kann, und ausserdem von der Schnelligkeit, mit welcher die Luftbewegung und die Verdrängung der einzelnen Lufttheilchen, welche sich an der Wasseraufnahme vom Körper betheiligen, erfolgt. Die Bestimmung der relativen Feuchtigkeit der Luft führt daher für sich allein zu gar keinem Urtheil über die Einwirkung der untersuchten Luft auf die Wasserabgabe vom menschlichen Körper; sondern nur combinirt mit der Temperaturbeobachtung und der Ventilationsgrösse kann eine Entscheidung über die hygienische Wirkung gegeben werden (vgl. pag. 89). Am richtigsten würde eine solche Untersuchung ausfallen, wenn man — möglichst mit registrirenden Thermometern und Hygrometern — zwei Curven anfertigte, deren eine der maximalen Sättigung der Luft mit Wasserdampf bei der beobachteten Temperatur entspräche, während die andere über derselben Abscisse gezeichnete Curve die vorhandene Menge absoluter Feuchtigkeit angiebt; das zwischen diesen beiden Curven liegende Flächenstück würde, durch Planimeter oder Wägung gemessen (s. im Anhang), zur Vergleichung der Einwirkung einer Luft auf die Verdunstung von Haut und Schleimhäuten dienen können.

Untersuchung der Luftfeuchtigkeit in Wohnräumen.

Nothwendigkeit, die absolute Feuchtigkeit und das Sättigungsdeficit der Luft zu bestimmen.

Geringe Bedeutung der relativen Feuchtigkeit.

In welcher Weise der Einfluss der Ventilationsgrösse dabei in Rechnung zu setzen ist, und in welchem Grade ausserdem die Wasserabgabe durch die Expirationsluft, welche lediglich durch die Menge der absoluten Feuchtigkeit der Luft bedingt wird, auf das Wohlbefinden innerhalb der Wohnräume einwirkt, ist zur Zeit noch nicht klar gestellt. Eine Lösung dieser Fragen ist um so wünschenswerther,

als für die Beurtheilung mancher Heizanlagen der Feuchtigkeitsgehalt der Luft als wichtigstes Moment in den Vordergrund geschoben wird. So hat namentlich die Luftheizung vielfache Anklagen und Rechtfertigungen erlebt, die aber meist nur auf Beobachtungen der relativen Feuchtigkeit gestützt sind; man hat hier häufig auf den vorhandenen Gehalt von 50 % Feuchtigkeit hingewiesen und dies für einen unbedingt ausreichenden Wassergehalt der Luft erklärt; aber man hat dabei nicht berücksichtigt, dass allerdings eine ruhende Luft von 15—16° und 50 % Feuchtigkeit wenig austrocknend wirkt, während einer stark bewegten und 20—25° C. warmen Luft von derselben relativen Feuchtigkeit ein ungleich intensiverer Effect zukommt. Vielfach scheint man die austrocknende Wirkung der Luftheizung lediglich den ungewöhnlich hohen Temperaturen zuschreiben zu müssen, welche namentlich da an der Tagesordnung zu sein pflegen, wo die Regulirung der Temperatur sämmtlicher Räume nicht ausschliesslich in der Hand des Heizers liegt, sondern wo die Bewohner des Zimmers selbst durch eigene Manipulationen diese Regulirung vornehmen.

Prüfung der Luftheizungsanlagen auf zureichende Feuchtigkeit der Luft.

Untersuchung der Luft auf beigemengte Gase.

Die Untersuchung der Luft auf sonstige durch die Heizanlagen erlittene Veränderungen erfolgt nach den oben pag. 149 ff. resp. pag. 161 ff. gegebenen Methoden. — Glühende eiserne Oefen sollen nach vielfachen früheren und neuerdings von Fodor gemachten Beobachtungen Kohlenoxyd diffundiren lassen, und auf diese Weise soll es vorkommen, dass durch eiserne Oefen und durch Luftheizungen toxische Erscheinungen hervorgerufen werden. Zur qualitativen Prüfung der Atmosphäre einer Wohnung oder einer Heizanlage auf CO benutzt Fodor folgende Methoden:

Prüfung auf Kohlenoxydgas nach Fodor.

1) Das einfachste und bequemste Mittel ist ein Reagenspapier.

Qualitative Prüfung.

Man taucht feines Filtrirpapier in neutrale Palladiumchlorürlösung, die auf 100 Ccm Wasser ca. 0·2 mg Pd Cl_2 enthält. Das getrocknete Papier ist leicht bräunlich gelb gefärbt und schneidet man daraus Streifen von der Form und Grösse des gebräuchlichen Ozonpapiers. Jetzt füllt man eine 10 literhaltige Flasche mit einem Handblasebalg mit der zu prüfenden Luft. Am Boden der Flasche befanden sich schon einige Cubikcentimeter reines Wasser; hierauf wird das an einem Platindraht befestigte und vorher mit destillirtem Wasser befeuchtete Reagenspapier in die Flasche gebracht und diese verkorkt. Eine Luft mit 0·5 pr. Mille CO verursacht bereits nach etlichen Minuten ein schwarzes glänzendes Häutchen an der Oberfläche des Reagenspapiers; dasselbe tritt in einer Luft mit 0·1 pr. Mille CO nach 2—4 Stunden, bei 0·05 pr. Mille CO nach 12—24 Stunden auf. Wird das Papier aus der Flasche genommen und getrocknet, so zeigt es eine schwarzgraue Farbe; hat aber die untersuchte Luft kein Kohlenoxyd enthalten, so ist die Farbe unverändert geblieben.

Die unveränderte Farbe des Reagenspapieres deutet also auf Reinheit der Luft; ist es braun oder schwarz geworden, so zeigt dies auf Kohlenoxyd und ist in diesem Falle eine weitere genaue Untersuchung anzustellen.

2) Die zu prüfende Luft wird mit dem Blasebalg in eine geräumige Flasche gefüllt und darin mit verdünntem frischem Blute geschüttelt; das Eintreiben von Luft kann öfter wiederholt und so das Blut an Kohlenoxyd bereichert werden. Sodann wird das kohlenoxydhaltige Blut in einen kleinen Kochkolben gebracht, in welchen durch den Stöpsel zwei Glasrohre führen. Das eine reicht bis an den Boden der Flasche und dient zur Einleitung der Luft, deren eventuelles Kohlenoxyd durch vorgelegte Palladiumchlorürlösung ausgeschlossen wird. Die andere Glasröhre führt

vom Halse des Kolbens durch essigsaures Blei, dann durch diluirte Schwefelsäure zu ein bis zwei U förmigen Röhren mit je vier Kugeln, welche Palladiumchlorürlösung enthalten. Der Kolben wird auf ein Wasserbad gesetzt, und das Blut darin 1/4 bis 1/2 Stunde lang auf 90—95° C. erwärmt erhalten. Während des Erwärmens und häufigeren Aufschüttelns des Kolbeninhalts lässt man durch den ganzen Apparat einen möglichst langsamen Luftstrom aspiriren.

Sowie sich das Blut zu färben beginnt, spaltet sich das Kohlenoxydhämaglobin und wird das Kohlenoxydgas frei; gleichzeitig erscheint an der Oberfläche der Palladiumchlorürlösung der schwarze Palladiumniederschlag.

Quantitative Bestimmung des Kohlenoxyds.

Die quantitative Bestimmung des Kohlenoxyds gelingt nach Fodor in folgender Weise:

Leitet man ein kohlenoxydhaltiges Gasgemenge — dem etwaiges Ammoniak und der Schwefelwasserstoff schon vorhergehend entzogen worden waren — in sehr langsamen Strome über eine Palladiumchlorürlösung hinweg, so wird das CO vollständig zersetzt und scheidet sich eine entsprechende Menge Palladium in Form eines schwarz glänzenden Häutchens an der Oberfläche der Lösung ab. Die Formel dieser chemischen Einwirkung ist folgende:



$$PdCl_2 + CO + H_2O = Pd + 2ClH + CO_2.$$

Das Palladiumchlorür reisst das Kohlenoxyd so gierig an sich, dass, wenn von einer 1 pr. Mille enthaltenden Luft eine entsprechende Menge sehr langsam, also mit der Schnelligkeit von etwa stündlich 150—200 cm aspirirt werden, das Kohlenoxyd grösstentheils schon in den ersten Kugeln eines Absorptionsapparates zurückbleibt; ein zweiter Apparat zeigt nur Spuren davon in der ersten Kugel, während ein dritter Apparat nicht einmal Spuren mehr aufweist. Inzwischen klärt sich die Lösung im ersten Kugelapparate vollständig, reagirt sauer und zeigt, filtrirt, keine Spuren von Palladium.

Zur Bestimmung der Menge des Kohlenoxyds bringt man den Inhalt der Niederschläge zeigenden Apparate auf ein angefeuchtetes Filter und spült alles mit destillirtem Wasser nach. Das am Filter und in den Gläsern verbliebene Palladium löst man in heissem Königswasser, trocknet unter Benetzung mit Chlorwasserstoff aus und löst schliesslich in schwacher Salzsäure.

In dieser Lösung verhält sich das Gewicht des Palladiums zu dem des Kohlenoxyds, das die Ausscheidung verursachte, wie 53,24 zu 14;

$$Pd : CO = 53{,}24 : 14.$$

Die Menge des ausgeschiedenen Palladiums bestimmt man mit Jodkalium nach folgender Art:

Von reinem Jodkali werden 1,486 gr zu 1 Liter destillirtem Wasser gelöst. Die verdünnte, saure Palladiumlösung wird im Wasserbade erwärmt und dann aus einer Glashahnbürette Jodkali so lange zugesetzt, als sich eine merklich braune Wolke bildet. Unter Umschütteln und Erwärmen scheidet sich schwarzes Palladiumjodid ab und die Flüssigkeit klärt sich. Nun wird neuerdings Jodkali tropfenweise zugesetzt, so lange die Wolkenbildung noch erkannt wird. Ist das nicht mehr der Fall, so wird ein wenig auf ein reines angefeuchtetes Filter gegossen und in einem Probirröhrchen aufgefangen. Wird in letzterem durch einen Tropfen Jodkali noch eine starke Trübung erzeugt, so kann der ursprünglichen Lösung noch mehr Jodkali zugesetzt werden. Den Inhalt der Eprouvette und die vom Filter mit etwas destillirtem Wasser aufgespülten Massen erstattet man der Lösung zurück. Nachdem erwärmt und aufgeschüttelt worden, filtrirt man neuerdings etliche Cubikcentimeter in ein Probirrohr und prüft mit einem Tropfen Jodkali. War jetzt die Trübung nur

geringe so dürfen blos ein bis zwei Tropfen Jodkali der ursprünglichen Lösung zugesetzt werden, die dann auf dieselbe Art von Neuem geprüft wird. Auf diese Weise ist der letzte Jodkalitropfen, welcher noch eine Trübung und welcher keine mehr gab, leicht zu finden; ersterer bildet die Grenze des verbrauchten Jodkali.

Die Schlussprobe kann dadurch empfindlicher gemacht werden, dass man etwas mehr filtrirt und den Eintritt oder das Ausbleiben der Bräunung auf einer weissen Unterlage prüft.

Jedem Cubikcentimeter verbrauchte Jodkalilösung entspricht 0,1 ccm Kohlenoxyd.

Literatur. Vgl. die oben genannten Handbücher von Wolpert, Degen; ferner: Weiss, Allgemeine Theorie der Feuerungsanlagen, Leipzig 1862. — Paul, Central- und Ofenheizung, Wien 1872. — von Pettenkofer, Luftheizung und Ofenheizung, Dingl. Journ. 119. 40. 282. — Joli, Traité pratique etc., Paris 1868. — Menzel, Der Bau der Feuerungsanlagen etc., Halle 1871. — v. Bezold und Voit, Z. d. bayr. Arch. u. Ing. Ver. 1874. — Voit u. Forster, Zeitschr. f. Biol. 13. 1. — 305. — Schinz, Die Wärmemesskunst, Stuttgart 1858. — Ferrini, Technologie der Wärme, übers. v. Schröter, Jena 1878. — Fischer, Die chemische Technologie der Brennstoffe, Braunschweig 1880. — v. Fodor, Viert. f. öff. Ges. 12. 397.

4) Untersuchung der Beleuchtung der Wohnräume.

Untersuchung der Beleuchtungsintensität.

Die Prüfung der Lichtmenge, die den Bewohnern zu Gebote steht, gelingt viel leichter bei den künstlichen Beleuchtungsmitteln, als bei dem diffusen Tageslicht. Trotzdem ist gerade die Bestimmung der Lichtmenge, welche zur Tageszeit in die Wohnungen eindringen kann, von grösster Bedeutung, weil durch die jetzige Bauart der Häuser und namentlich durch die vielfache Benutzung der Kellerwohnungen kaum eines der nothwendigen Lebenssubstrate in so hervorragender Weise eingeschränkt wird, wie das Licht. Eine leicht ausführbare Methode zur Messung der an irgend einem Orte zur Verfügung stehenden Lichtstärke ist um so wünschenswerther, als die Vorschriften der Bauordnung, mit denen man bisher eine genügende Lichtzufuhr hat garantiren wollen, völlig unzureichend und nicht im Stande sind, eine einheitliche Basis für eine richtige Beurtheilung zu liefern. Die Fensterhöhe, die Höhe der oberen Fensterkante über dem Strassendamm etc. geben durchaus keine entscheidenden Anhaltspunkte, da die Tiefe und Ausdehnung des Zimmers, die Art der Bebauung der Strasse etc. in uncontrolirbarer Weise die Wirkung der Lichtöffnungen beeinflussen.

1) Untersuchung der Beleuchtung durch diffuses Tageslicht.

— Eine Messung des Tageslichts ist vielleicht möglich durch Benutzung von photographischem Papier;[1] setzt man Abschnitte eines gleichmässig empfindlichen derartigen Papiers eine bestimmte Zeit der Lichtwirkung an dem zu untersuchenden Orte aus, so wird im Allgemeinen die Intensität der Schwärzung des Papiers einen Maassstab für die Intensität des Lichtes geben. Die Methode bedarf noch weiterer Ausbildung und Prüfung, namentlich ist festzustellen, ob die Messung

Messung durch photographisches Papier.

der chemischen Einwirkung der Lichtstrahlen auf Silbersalze, die im Grunde allein durch diese Methode erfolgt, auch einen exacten Maassstab der Helligkeit abgeben kann. — Ferner ist neuerdings von ZÖLLNER[2] ein Photometer angegeben, das weiter unten kurz beschrieben ist, und zur Messung auch des diffusen Tageslichts vorzüglich geeignet erscheint. Praktische Versuche, das Instrument zur Beurtheilung der Helligkeit der Wohnräume zu benutzen, und eventuell Vorschriften über die Bewohnbarkeit von Kellerwohnungen zu Grunde zu legen, fehlen bisher noch. Messung durch Zöllner's Skalenphotometer.

Zur Messung der Lichtstärke künstlicher Beleuchtungsmittel hat man früher vielfach eine einfache Vorrichtung benutzt, die darauf beruht, dass ein von zwei Flammen beleuchteter Gegenstand zwei Schatten wirft, die nicht gleich tief sind, wenn die Einwirkung der beiden Flammen auf die die Schatten auffangende Wand nicht ganz gleich ist. Vor eine weisse Fläche stellt man einen senkrechten Eisenstab; die beiden Lichter werden so placirt, dass die zwei Schatten des Stabes nicht zusammen, aber auch nicht weit von einander fallen. Dann wird das stärkere Licht so weit von der Wand fortgeschoben, bis die beiden Schatten gleich tief sind. Bezeichnet man die Entfernungen der Lichtquellen l und L von der auffangenden Fläche mit e und E, so verhalten sich dann die Lichtstärken i und I umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen; $\frac{i}{I} = \frac{e^2}{E^2}$, folglich $I = i \cdot \frac{E^2}{e^2}$. 2) Prüfung künstlicher Beleuchtungsmittel. Photometer.

Das am häufigsten benutzte Photometer ist das BUNSEN'sche welches aus einem in einen Rahmen gespannten Papierschirm besteht, in dessen Mitte sich ein mit Wachs oder Stearin durchscheinend gemachter Fleck oder Streifen befindet. Letzterer erscheint hell auf dunkelem Grunde, wenn der Schirm auf der Rückseite stärker erleuchtet ist als von der Vorderseite, im umgekehrten Fall aber dunkel auf hellem Grunde. Der Schirm wird auf einer längeren, horizontal stehenden und mit Scala versehenen Eisen- oder Holzschiene verschiebbar aufgestellt und in einem schwarzen an beiden Seiten offenen Blechkasten befestigt. Fest mit diesem Kasten verbunden, und in 25 cm Entfernung befindet sich die Hülse für die Vergleichskerze; am anderen Ende der Schiene wird das zu untersuchende Licht aufgestellt. Zu beiden Seiten des Papierschirmes ist ein Spiegel so angebracht, dass man gleichzeitig die beiden Seiten des Schirms beobachten kann. — Die Berechnung erfolgt wie oben. — Arbeitet man unter Abschluss des Tageslichts in einem mattgrau angestrichenen Zimmer, so sind weitere Schutzmassregeln unnöthig; sind Wände und Decken weiss, so werden hinter beide Flammen dunkle Schirme aufgestellt. Wollte man bei Tageslicht arbeiten, so müsste der Apparat mit einem Kasten umgeben werden. — Bei Leuchtgasuntersuchungen hat man mittelst entsprechender Regulatoren für constanten Druck zu sorgen und zu berücksichtigen, dass die Leuchtkraft des Gases wesentlich mit von der Beschaffenheit der Brenner abhängt. (Nach FISCHER, l. c. p. 78). Photometer von Bunsen.

Andere Photometer.

Von den zahlreichen sonst noch angegebenen Photometern seien hier nur folgende erwähnt. Crookes[3] benutzte einen eigenthümlichen Polarisationsapparat; Hüfner[4] legt in seinem Spectrophotometer die Anwendung des Spektroskops den photometrischen Bestimmungen zu Grunde; für Leuchtgasflammen wird vielfach der Gasverbrauch zu Lichtstärke-Messungen verwandt, da bei gleicher Flammenhöhe und gleichen Brennvorrichtungen der Gasverbrauch im umgekehrten Verhältniss, bei gleichem Verbrauch die Flammenhöhe im geraden Verhältniss zur Leuchtkraft steht. Ferner rührt von Siemens[5] ein Verfahren her, bei dem das zwei Lichtquellen vergleichende menschliche Auge gleichsam durch den elektrischen Strom ersetzt ist, indem die eigenthümliche Eigenschaft des krystallinischen Selens benutzt wird, im Licht die Elektricität besser zu leiten als im Dunkeln. Von Zöllner ist endlich das Scalenphotometer empfohlen, welches die radiometrischen Erscheinungen in luftverdünnten Räumen zur Messung der Lichtstärke benutzt. An einem starken Coconfaden befindet sich innerhalb eines Glasgefässes aufgehängt ein Radiometerkreuz von Glimmer, dessen Flächen einseitig mit Russ überzogen sind; ein solches Kreuz dreht sich sowohl unter dem Einfluss leuchtender als auch dunkler Wärmestrahlen stets nach derselben Richtung. Ueber die nöthigen Cautelen der Anwendung etc. s. bei Zöllner.[6]

Zöllner's Scalenphotometer.

Lichteinheit.

Eine grosse Schwierigkeit der photometrischen Messungen besteht darin, dass man über keine völlig gleiche Lichteinheit verfügt, die den Messungen zu Grunde gelegt werden könnte. Gewöhnlich benutzt man sogen. Normalkerzen, welche für Deutschland folgende Beschaffenheit haben: Die Photometerkerze soll einen Durchmesser von 20 mm haben, genau cylindrisch und so lang sein, dass 12 Kerzen 1 Kilogr. wiegen. Die Dochte sollen in möglichster Gleichmässigkeit aus 24 baumwollenen Fäden geflochten sein und trocken für jeden laufenden Meter 668 mg wiegen; sie sind durch einen eingelegten rothen Faden von anderen Dochten abzuzeichnen. Das Kerzenmaterial soll möglichst reines Paraffin sein und von einem nicht unter 55° liegenden Erstarrungspunkt. — In München gilt als Einheit noch eine Stearinkerze, welche aus Stearin mit 76 bis 76,6% C bereitet sein und pro Stunde bei 52 mm Flammenhöhe 10,4 gr Stearin verzehren soll. Neuerdings hat man die Verwendung eines Gemisches von Penthan mit atmosphärischer Luft zur Herstellung einer Lichteinheit vorgeschlagen; oder man benutzt ein U-förmiges Platinstück, das durch einen gemessenen elektrischen Strom glühend gemacht wird. Keiner der bisherigen Vorschläge hat allgemeine Geltung erlangt.

Bestimmung der Leuchtkraft des Leuchtgases.

Die Leuchtkraft des Leuchtgases wird häufig auch durch die Ermittlung des specifischen Gewichts des Gases bestimmt, da die Leuchtkraft im Allgemeinen um so grösser ist, je reicher das Leuchtgas an schweren Gasen ist. Die Bestimmung erfolgt dann gewöhnlich mittelst des Schilling'schen Apparates oder einer der neueren Modificationen desselben, denen das Princip zu Grunde liegt, dass die specifischen Gewichte zweier Gase, die unter gleichem Druck aus engen Oeffnungen in dünner Platte ausströmen, sich verhalten wie die Quadrate ihrer Ausströmungszeiten. — Sehr einfach lässt sich das spec. Gewicht des Leuchtgases auch mittelst des Recknagel'schen Differentialmanometers bestimmen. — Eine andere Idee liegt dem Erdmann'schen Gasprüfer zu Grunde, nämlich die, den Werth eines Leuchtgases, welcher wesentlich von der Quantität der in demselben vorhandenen schweren Kohlenwasserstoffe abhängt, aus der Menge atmosphärischer Luft zu bestimmen, welche einer Flamme von bestimmter Grösse zugeführt werden muss, um ihr alle Leuchtkraft (alles weisse Licht) zu nehmen. — (Näheres s. in den Handbb. der Technologie.)

Ausser der Lichtstärke hat die Lichtqualität gewisse hygienische Bedeutung; so haben die meisten künstlichen Beleuchtungsmittel weit mehr rothe, durch Erwärmung belästigende Strahlen als das Tageslicht; andererseits zeigt das elektrische Licht ein bedeutendes Vorwiegen der violetten und ultravioletten Strahlen, deren chemische Wirkung möglicherweise den Augen schädlich ist. — Zur Prüfung der Lichtfarbe verwendet man entweder das VIERORDT'sche spektroskopische Verfahren, welches aber nur bei annähernd gleichen Helligkeitsgraden genaue Resultate giebt; oder nach O. E. MEYER stellt man vor der einen Spalthälfte des Spectralapparates ein NICOL'sches Prisma fest auf, welches das von der einen Lichtquelle kommende Licht empfängt und hinter welchem das in einem Kreise drehbare Nicol eines WILD'schen Polaristrobometers steht. Der durch beide Prismen tretende Lichtstrahl trifft dann auf ein rechtwinkliges Glasprisma, das ihn in den Spectralapparat reflektirt. Die zweite Spalthälfte wird entweder direct oder durch Vermittlung eines zweiten rechtwinkligen Prismas von der zweiten Lichtquelle erleuchtet.[7] Untersuchung der Lichtqualität.

Zur Messung der chemischen Wirkung der Sonnenstrahlen hat man sehr verschiedene Mittel empfohlen, so namentlich die Einwirkung des Lichts auf Silberhaloidsalze; auf Jodkalium; auf eine Auflösung von Molybdänsäure in überschüssiger verdünnter Schwefelsäure, die im Sonnenlicht blaugrün wird; auf eine Lösung aus Nitroprussidnatrium, Eisenchlorid und Wasser, die bei Einwirkung von Sonnenlicht Berlinerblau ausscheidet etc. — Bezüglich dieser Methoden muss auf die unten angeführte Literatur verwiesen werden.[8] Messung der chemischen Wirkung der Sonnenstrahlen.

Die Untersuchung der Leuchtmaterialien hat nur bei dem Leuchtgas und beim Petroleum grösseres hygienisches Interesse. Ersteres wird im Allgemeinen nach den früher besprochenen gasanalytischen Methoden untersucht (vgl. pag. 152 u. pag. 152).[9] Häufiger zur Bestimmung gelangt das stets im Leuchtgas enthaltene Ammoniak, weil es die Möglichkeit bietet, auf Anwesenheit von Leuchtgas mit sehr einfachen Mitteln zu prüfen. Ferner der Schwefelgehalt des Leuchtgases, der nach dem Verbrennen zu schwefliger Säure bis zu gewissem Grade die menschliche Gesundheit, namentlich aber das Wachsthum und Leben der Pflanzen zu schädigen im Stande ist; und drittens das Cyanammonium, das zuweilen beim Verbrennen des Leuchtgases zu entstehen scheint. Das Ammoniak bestimmt man nach pag. 155;[10] für die Bestimmung des Schwefelgehalts ist von BRÜGELMANN,[11] die Verbrennung des Leuchtgases durch Sauerstoff in einem beiderseits offenen Verbrennungsrohr und Auffangen der gebildeten Schwefelsäure in einer vorgelegten kurzen Schicht von gekörntem Aetzkalk empfohlen. Zum qualitativen Nachweis kleiner Mengen streicht man nach WARTHA mit einer an einem feinen Platindraht befestigten Perle von Soda an den Rändern der Flamme her und senkt dieselbe sodann in die leuchtende

Untersuchung der Leuchtmaterialien.

Prüfung des Leuchtgases auf Ammoniak,

auf Schwefel,

Flamme, wodurch das vorher gebildete schwefelsaure und schwefligsaure Natron zu Schwefelnatrium reducirt werden. Wird nun die Perle auf einem Porcellanteller zerdrückt, und eine Lösung von Nitroprussidnatrium darauf getröpfelt, so giebt sich die kleinste Spur Schwefel zu erkennen. Die Anwesenheit von Cyanammonium erkennt man nach pag. 299 in den im Wasser aufgenommenen Verbrennungsproducten.

auf Cyanammonium.

Prüfung des Petroleums.

Die Untersuchung des **Petroleums** betrifft vorzugsweise die Explosionsgefährlichkeit desselben, welche von dem Gehalt an leicht flüchtigen und entflammbaren Oelen abhängt. Man unterscheidet den „Entzündungspunkt," die Temperatur, bei welcher das Oel selbst sich entzünden lässt, und den „Entflammbarkeitspunkt," bei welchem die aus dem Petroleum sich entwickelnden Dämpfe sich entflammen lassen. Ersterer soll bei gut gereinigtem Petroleum nach der in Amerika gültigen Verordnung bei $43^1/_2{}^0$ Cels. liegen; letzteren, der in der Mehrzahl der Fälle zur Controle des Oeles benutzt wird, bestimmt das englische Gesetz zu 37,8^0 Cels.; das französische zu 33—35^0; das österreichische zu 37,5^0. Für Deutschland sind noch keine bezüglichen Verordnungen erlassen.

Bestimmung des Entflammbarkeitspunktes.

Die Prüfung des Entflammbarkeitspunktes kann man in annähernder Weise dadurch ausführen, dass man in einem kleinen Wasserbad einen Porcellantiegel, der etwa 1 cm hoch mit Petroleum gefüllt ist, bis zu 30^0 erwärmt; die Temperatur controlirt man unter fortwährendem Umrühren mit einem Thermometer. Hat das Petroleum die Temperatur von 30^0 angenommen, so hält man ein brennendes Zündholz etwa 1 cm hoch über die Oberfläche des Petroleums; entzünden sich dabei die Dämpfe, (um aber von selbst wieder zu erlöschen), so stellt man denselben Versuch bei niederer Temperatur an; fangen dagegen die Dämpfe noch nicht Feuer, so steigert man die Wärme allmählich und versucht dann die Anzündung. Man kann so mit ziemlicher Sicherheit den Entflammbarkeitspunkt ermitteln, namentlich wenn man wiederholt Controlversuche anstellt. Da indess eine gleichmässige Durchwärmung der ganzen Petroleumschicht auf Schwierigkeiten stösst, und da ferner die Schnelligkeit, mit der man die Erwärmung vornimmt, wesentlichen Einfluss auf die Lage des Entflammbarkeitspunktes hat, ist es zur Erhaltung gleichmässiger, sicherer Resultate erforderlich, die Willkür des Einzelnen bei der Anstellung des Versuchs und den dabei nöthigen verschiedenen Manipulationen möglichst auszuschliessen; dies kann versucht werden durch Einführung eines bestimmten **Controlapparats**, der eine gleichmässige Behandlung der Proben garantirt.

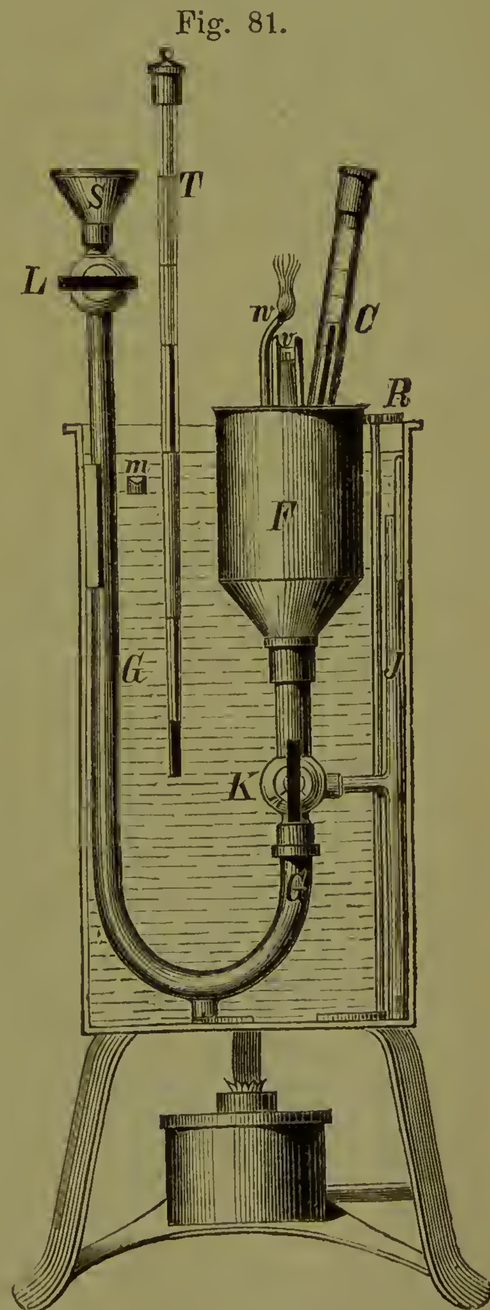
Controlapparat zur Petroleumprüfung.

Unter den zahlreichen für den genannten Zweck construirten Apparaten sind namentlich vier zu erwähnen, die grössere Beachtung gefunden haben[12]. Der Abel'sche Apparat erzielt die Erwärmung des Oels und die Entwicklung der Dämpfe

in einem geschlossenen Gefässe. Derselbe besteht aus einem cylindrischen kupfernen, innen verzinnten Oelgefässe, welches in einem Wasserbade über einer Spirituslampe langsam erhizt wird, bis die entweichenden flüchtigen Bestandtheile sich bei Berührung mit der Flamme einer an der Oeffnung des Oelgefässes beweglich angebrachten Lampe entzünden. Sowohl in das Wasserbad, wie in das zu prüfende Oel reicht je ein Thermometer bis zu genau bestimmter Tiefe, an welchem die Temperatur des Wassers sowohl, wie diejenige des Oels bei eingetretener Entflammbarkeit der entweichenden Gase abgelesen wird. Der Entflammbarkeitspunkt ergiebt sich beim ABEL'schen Apparate, wegen der Dämpfeentwicklung im geschlossenen Gefäss, um durchschnittlich 15° Cels. niedriger, als wenn mit offenem Gefäss operirt wird, so dass demnach bei Anwendung dieses, besonders in England in Aufnahme gekommenen Apparates, die Grenze der Entflammbarkeit eines guten Petroleums auf etwa 22,5° Cels. zu fixiren ist. — Abel's Apparat zur Petroleumprüfung.

Auf andere Principien gründen sich die Methoden von SALLERON und URBAIN, sowie von VAN DER WEYDE. Erstere schlagen vor, die Dampfspannung des zu untersuchenden Petroleums bei einer gewissen Temperatur mit der eines normalen Petroleums zu vergleichen; die Tension der Dämpfe eines normalen Petroleums darf nur einer Wassersäule von 64 mm das Gleichgewicht halten. — Prof. VAN DER WEYDE bestimmt die Menge der Gase, welche bei einer gewissen Temperatur aus dem zu prüfenden Mineralöl entwickelt werden. Zu dem Ende wird eine gewisse Menge des zu prüfenden Petroleums in eine graduirte, an einem Ende zugeschmolzene Glasröhre gebracht, der Rest mit Wasser aufgefüllt, das offene Ende mit dem Daumen verschlossen und die Röhre unter Wasser umgekehrt. Das Petroleum bleibt dabei über dem Wasser abgesperrt. Man trägt Sorge, dass die Röhre vollständig von Wasser umgeben ist und bringt die Temperatur des letzteren durch allmähliges Hinzufügen von heissem Wasser genau auf die höchste zulässige Entzündungstemperatur des Petroleums. Die Menge des sich im oberen Theile der graduirten Röhre ansammelnden Gases wird dann notirt[13]. — Die grössere Schwierigkeit in der Handhabung lässt die letztgenannten Apparate für eine allgemeine Einführung nicht besonders geeignet erscheinen. Dagegen scheint der neuerdings von BERNSTEIN[14] angegebene Apparat hinreichend einfach zu sein, um auch von Ungeübten benutzt werden zu können und zugleich gleichmässige, sichere Resultate zu liefern. — Der Apparat (Fig. 81) enthält einen grossen cylindrischen Behälter, welcher beim Gebrauch bis zu dem Blechwinkel m mit Wasser gefüllt wird, und einen kleinen Cylinder F zur Aufnahme des zu untersuchenden Petro- Verfahren von Salleron und Urbain. Methode von van der Weyde. Bernstein's Petroleumprüfer.

Fig. 81.



Bernstein's Petroleumprüfer.

Beschreibung des Apparats.

leums. An der inneren Wand des Wasserbehälters ist ein Rohr befestigt, in das ein dem Apparat beigegebenes Thermometer gesetzt wird. Unterhalb befindet sich eine Spiritnslampe zur Erwärmung des Wassers; während der Rührer R dazu dient, die Temperatur des Wassers gleichmässig zu erhalten. Der Petroleumbehälter F ist durch einen eingesetzten Deckel verschlossen. In der Mitte des Deckels ist ein Rohr angebracht, in welchem sich eine Dochthülse V befindet. Der Docht soll aus dieser Hülse etwa 2 mm herausragen, worauf beim Gebrauch zu achten ist. Ein kleiner auf den Deckel aufgesetzter Cylinder dient dazu, den Luftzug abzuhalten. Am Deckel ist eine zweite Dochthülse angebracht, welche über die bereits erwähnte Hülse hinausragt. Der Docht dieser Hülse w soll ausserhalb derselben eben sichtbar sein. Schliesslich dient das Thermometer C zur Bestimmung der Temperatur des Petroleums. — Unterhalb ist der Petroleumbehälter F von einem Hahn K verschlossen; an diesen Hahn münden zwei Röhren, ein langes gebogenes Rohr G und ein kurzes Rohrstück J. In der Stellung des Hahnes K, wie Fig. 81, ist der Petroleumbehälter mit dem Rohr G verbunden und das Rohr J nach unten abgeschlossen; in der dazu rechtwinkligen Stellung ist der Petroleumbehälter nach unten verschlossen und das Rohr G mit J in Verbindung. Auf dem Rohre G sitzt ein Trichter S, welcher durch einen Hahn L nach unten geschlossen und geöffnet werden kann. — Zum Apparat gehört endlich noch ein Maassgefäss, das zum Abmessen des Petroleums dient.

Ausführung des Versuchs.

Zur Ausführung eines Versuchs nimmt man den inneren Apparat aus dem Wassergefäss heraus, schliesst den Hahn K und öffnet Hahn L. Sodann überzeugt man sich, dass die Dochte am Deckel des Petroleumgefässes der obigen Beschreibung gemäss beschaffen sind. Man füllt den Wasserbehälter mit Wasser und erwärmt dasselbe bis auf die vorgeschriebene Temperatur, indem man dabei von Zeit zu Zeit den Rührer auf- und abwärts bewegt. Sodann giesst man langsam Wasser in den Trichter S bis dasselbe aus dem Seitenrohr J (Fig. 81) wieder herausfliesst, füllt das beigegebene Maassgefäss bis zur ringförmigen Marke mit dem zu untersuchen den Petroleum, nimmt den Deckel des Petroleumbehälters mit der linken Hand ab, giesst mit der Rechten das Petroleum in den Behälter und setzt den Deckel wieder auf. Nun öffnet man den Hahn K und schliesst Hahn L, wie in Fig. 81 angegeben und setzt den Apparat in das inzwischen auf die betreffende Temperatur erwärmte Wasser hinein. Schliesslich füllt man den Trichter S bis zum Rande mit Wasser. — Das Petroleum nimmt nun allmälig die Temperatur des Wassers an, und da letzteres erkaltet, so muss noch einige Minuten nachgewärmt werden, bis Wasser und Petroleum die gleiche Temperatur erreicht haben. Man bedient sich hierbei von Zeit zu Zeit des Rührers und achtet darauf, dass das Wasser nicht zu hoch erwärmt wird. Die Prüfung findet nun statt, indem man den oberen Docht w anzündet und alsdann den Hahn L am Trichter öffnet: Findet hierbei eine Entzündung des unteren Dochtes durch ausströmende Dämpfe statt, so ist das Petroleum nicht zulässig; findet keine Entzündung statt, so ist das Petroleum zulässig. Ehe man einen neuen Versuch vornimmt, ist es nothwendig, nach dem Entleeren den Petroleumbehälter mit kaltem Wasser auszuspülen. Zur bequemen Entleerung nimmt man den Trichter S und den Deckel des Petroleumbehälters ab und setzt denselben auf das Maassgefäss. — Bilden die ausströmenden Dämpfe eine hohe Flamme, welche über den oberen Docht hinausreicht, so ist dies ein Zeichen eines sehr hohen Naphtagehaltes des Petroleums. Alsdann genügt das Ausspülen nicht, sondern es müssen alle vom Petroleum berührten Theile sorgfältig gereinigt werden; und die Dochte entweder in dem neu zu untersuchenden Petroleum eine kurze Zeit gebrannt oder

neue Dochte eingezogen werden. Das Petroleum soll vor der Untersuchung eine Temperatur von 12—24° Celsius haben.

Anhang. Von besonderem Interesse sind die eigenthümlichen Messapparate, die zur Controle des Leuchtgasconsums dienen, da dieselben häufig mit Vortheil bei der Anstellung der verschiedensten Laboratoriumsversuche zu verwenden sind, die eine genaue Messung grösserer Mengen einer Gas- oder Luftart erfordern. (Vgl. die Bestimmung der Durchlässigkeit der Baumaterialien, der Kleidungsstoffe etc.) Eine kurze Beschreibung der Einrichtung solcher Gasuhren möge daher hier folgen:[15] Construction der Gasuhren.

An jeder Gasuhr unterscheidet man drei Theile. 1) Die Trommel, 2) das Gehäuse und 3) das Zeigerwerk. Das Wesentlichste der Gasuhr ist die Trommel.

Die Trommel, Fig. 82, $^1/_6$ bis $^1/_{10}$ nat. Grösse, besteht aus vier um eine horizontale Axe z symmetrisch geordneten Schaufeln, die von einem Blechmantel umgeben sind. Es werden dadurch 4 Räume, die sogen. Kammern, gebildet, die jedoch von einander nicht abgeschlossen sind, sondern mit einander durch schlitzförmige Spalträume, z. B. a′, g, e, c, in Verbindung stehen. Die Blechschaufeln sind an den cylindrischen Blechmantel angelöthet. Jede Schaufel wird durch drei Blech- Die Messtrommel.

Fig. 82.

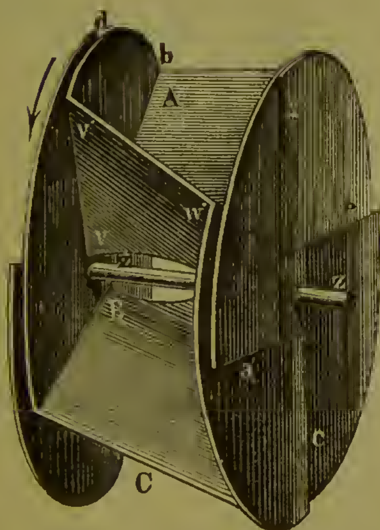
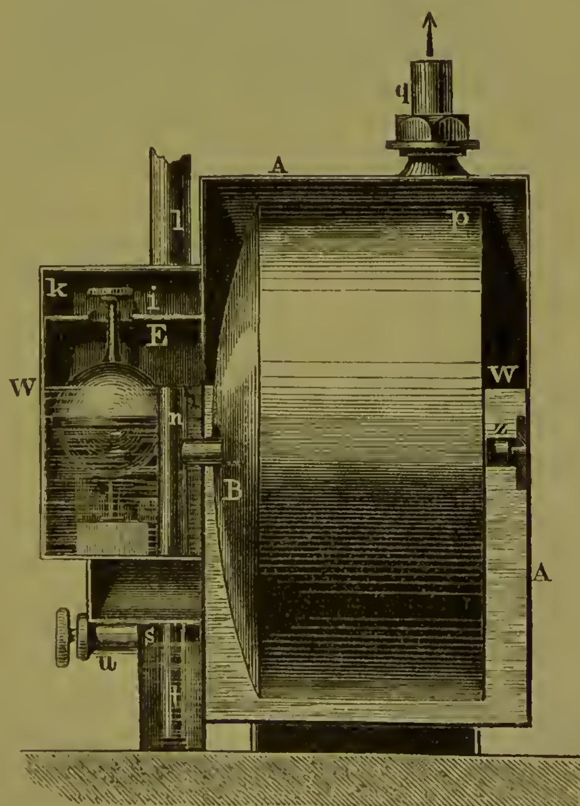


Fig. 83.



stücke gebildet, nämlich durch ein Mittelstück V V′ W, das schräg von einer Seite der Trommel zur andern geht, und zwei Seitenstücken, die die Gestalt von Kreissectoren haben, deren Centriwinkel > R und die an die Seiten des Mittelstücks bei W und V V′ in entgegengesetzter Rechnung rechtwinklig angelöthet sind. Die Trommel befindet sich in dem Gehäuse A, Fig. 83, $^1/_6$ bis $^1/_{10}$ nat. Grösse, bis zu einer bestimmten Höhe in Wasser, das die Kammern von einander absperrt, in den-

selben aber communiciren kann. Tritt das Gas zwischen den Spalt bei a ein, so findet der Austritt auf der Seite von c statt.

Weg des Gases. Der Weg, den das Gas einzuschlagen hat, um in die Messtrommel B′ zu gelangen, ist nun folgender: (vgl. Fig. 83, die einen verticalen Durchschnitt durch das Gehäuse A einer gewöhnlichen Gasuhr $^1/_6$ bis $^1/_{10}$ nat. Grösse darstellt). Das Gas tritt durch die Röhre l ein und gelangt zunächst in ein kleines durch Blechwände abgesperrtes Kästchen k. Am Boden dieses Kästchens befindet sich ein Loch, durch welches ein auf dem Schwimmer h befindliches Kegelventil i hervorragt. Durch dieses Loch kann das Gas nach E gelangen. Der Eintritt von k nach E ist jedoch nur dann möglich, wenn in E hinlänglich Wasser ist, so dass der Kopf des Schwimmers h frei nach k hereinragt. Es ist deshalb nöthig, dass das Kästchen E mit Wasser bis zu einem bestimmten Niveau gefüllt ist. Sinkt der Wasserstand W, so sinkt demzufolge auch der Schwimmer h und das Kegelventil i verschliesst das Loch des Kästchens k und dem Gase ist der Weg versperrt; dem abzuhelfen, giesst man bei l Wasser nach. Steigt der Wasserstand in E, so läuft das überschüssige Wasser in die Röhre n und dem Gase ist der Ausweg gleichfalls versperrt. Dem abzuhelfen, öffnet man die Schraube u, das in n eingedrungene Wasser fliesst alsdann durch die Röhre t nach s und bei u aus. Ist der Wasserstand in E wie in Fig. 83, so gelangt das Gas von E in die Röhre n, von da in den seitlichen U-förmigen Ansatz und dadurch in die sogenannte Vorkammer B, welche aus den vertikalen Blechstücken der einen Seite der Schaufeln und einem gewölbten Deckel gebildet wird, der von der Axe der Trommel und dem U-förmigen Rohr durchbrochen ist. Von der Vorkammer tritt das Gas in die Kammer der Trommel ein, deren Einströmungsöffnung sich oberhalb des Wassers befindet. Sowie sich eine Kammer von der einen Seite allmählig mit Gas füllt, tritt das Wasser auf der anderen Seite aus; die Ausströmungsöffnung tritt jedoch nicht eher aus dem Sperrwasser heraus, bis die Einströmungsöffnung sich bereits wieder unter Wasser befindet. Ist dieser Punkt eingetreten, so ist der Vorgang ein umgekehrter, durch die Einströmungsöffnung tritt Wasser ein, und durch die Ausströmungsöffnung entweicht das Gas in den Raum zwischen Trommel und Gehäuse, wo es dann den Apparat durch die Röhre q verlässt. Die Bewegung der Trommel geschieht dadurch, dass wie Pettenkofer zuerst behauptete, die im Gleichgewichte auf ihrer Axe befestigte Trommel beim Durchströmen des Gases durch das halbseitig davon verdrängte Wasser ungleich schwer wird und dadurch auf der schwereren Seite fällt. Es ist nach dieser Vorstellung die Trommel der nassen Gasuhr eine Art Tretrad, in welchem die Kraft des Gasdrucks dazu dient, beständig Wasser aus den Kammern, von einer Seite auf die andere zu treiben.

Zählwerk. Um die Umdrehungen der Trommel zu zählen, ist ein Zeigerwerk in einem Kästchen F, Fig. 84 und 85 $^1/_6$ bis $^1/_{10}$ nat. Grösse, über E′ angebracht. An der Axe der Trommel sitzt eine Schraube ohne Ende, welche in ein verticales Zahnrad a eingreift und die überkommene Bewegung übermittelt. Das Zahnrad a hat, wenn das Gasquantum, welches die Trommel bei einer Umdrehung durchlässt, z. B. $^1/_8$ Cubikfuss beträgt, 40 Zähne, so dass wenn fünf Cubikfuss Gas durch die Uhr gegangen sind, das Zahnrad a sich einmal um sich selbst gedreht hat. Die vertikale Axe, an welche das Zahnrad a befestigt ist, ist mit einer cylindrischen Blechbüchse e umgeben, die unter das Wasserniveau in E reicht. Damit nicht Wasserdampf in das Zählerwerk eintrete, läuft die Axe noch durch eine leichte Stopfbüchse.

Am oberen Ende der Axe sitzt eine eiserne Scheibe ϱ, die in zehn gleiche Theile getheilt ist. Die Theilstriche bewegen sich an einem feststehenden Stift

vorüber, so dass man die einzelnen und halben Cubikfusse ablesen kann. Da wir angegeben, dass die Scheibe ϱ sich einmal umdreht, wenn 5 Cubikfuss durch die Uhr

Fig. 84.

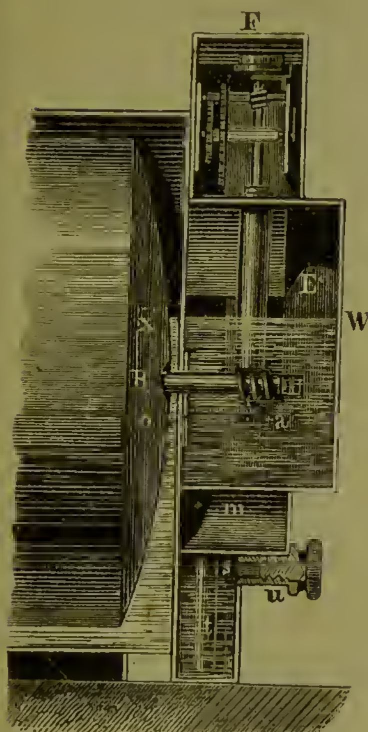
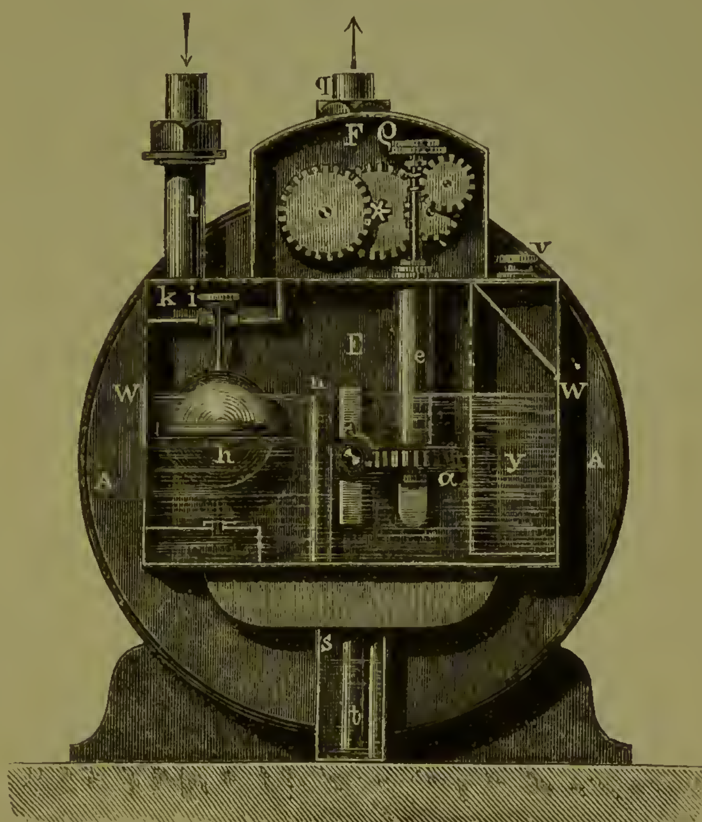


Fig. 85.

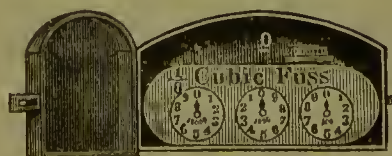


gegangen sind, so entspricht ein Theilstrich $^1/_2$ Cubikfuss. Unterhalb der Scheibe ϱ befindet sich zu weiterer Uebertragung eine Schraube ohne Ende, die in ein Zahnrad β von 40 Zähnen eingreift. Fig. 86, $^1/_6$ nat. Grösse, zeigt das Zählerwerk von oben; β dreht sich einmal um, während das Rad α 40 Umdrehungen macht; es entspricht somit eine Umdrehung von β 200 Cubikfuss, da eine Umdrehung von α 5 Cubikfuss entspricht. An der Axe von β sitzt ein Getriebe γ von 6 Zähnen, welches in ein Rad δ von 30 Zähnen eingreift, so dass eine Umdrehung von δ = 1000 Cubikfuss ist. Die Axe von δ ist mit einem Zeiger versehen, der sich vor einem in 10 gleiche Theile getheilten Zifferblatte bewegt; ein Theilstrich giebt 100 Cubikfuss an, die durch die Uhr gegangen sind. Auf der Axe des Randes δ ist ein Getriebe ε von 6 Zähnen angebracht, welches in ein Rad ζ von 60 Zähnen eingreift, auf der Axe von ζ sitzt wieder ein Zeiger, der eine Umdrehung für 10,000 Cubikfuss macht. Ein Zehntel des Zifferblattes entspricht 1000 Cubikfuss.

Fig. 86.



Fig. 87.



Ablesung.

Beim Ablesen der Zahlen auf den Zifferblättern ist zu beachten, dass die Zeiger sich einmal von rechts nach links, dann von links nach rechts drehen, wie aus der Zahlenfolge an den Zifferblättern Fig. 87, $^1/_6$ nat. Grösse, ersichtlich ist.

Bevor man mit der Gasuhr arbeitet, ist es nothwendig, dass man sie einer Prüfung auf ihre Genauigkeit unterwirft. Nach Pettenkofer lässt sich jede Mess-

Prüfung und Aichung der Gasuhren.

trommel einer Gasuhr zu einem so genauen Maasse für die durchgehende Luft machen, als man irgend einen cubischen Raum durch sein Volum oder Gewicht Wasser ermitteln kann, denn wenn auch das Zählerwerk nicht mit dem wirklichen Luftvolumen einer ganzen Trommeldrehung stimmt, so lassen sich die Angaben der Uhr auf Grund einer genauen directen Aichung doch sehr leicht auf das wirkliche Volum berechnen und berichtigen. Die wesentlichste Bedingung, die für eine richtige Messung als unentbehrlich bezeichnet werden muss, ist die Erhaltung des gleichen Wasserstandes in der Uhr.

Um die Gasuhren zu aichen, verbindet man das Zuleitungsrohr der horizontal gestellten Gasuhr durch einen Gummischlauch mit dem Ausflussrohr eines graduirten Gasometers und indem man Wasser in den Gasometer einfüllt, wird die Luft durch die Gasuhr getrieben. Wenn dann eine genügende Menge Luft, die sich natürlich nach der Grösse der Uhr richtet, durchgegangen ist, sperrt man den Hahn ab, notirt den Stand der Zeiger und vergleicht die an der Uhr abgelesene Gasmenge mit der, die im Gasometer abgemessen wurde. Ist die Uhr genau, so muss der Vergleich stimmen, wenn nicht, so lernt man den Grad der Abweichung kennen.

Literatur. 1) S. Parkes, Hygiene. — 2) Zöllner, Das Scalenphotometer, Leipzig 1879. — 3) Crookes, Dingl. Journ. 192. 395. — 4) Hüfner, Journ. f. prakt. Chem. 16, 290. — 5) Siemens, Dingl. Journ. 217, 61. — 229. 298. — 6) Ausführliche Zusammenstellung der Photometer s. in Fischer, Chemische Technologie der Brennstoffe, Braunschweig 1880. — 7) Meyer, Zeitschr. f. angew. Elektr. 1879. 320. — nach Fischer, l. c. — 8) H. W. Vogel, Poggend. Annal. 153, 218. — C. Lea, Zeitschr. f. anal. Chem. 17, 367. — v. Bibra, Zeitschr. f. anal. Chem. 14, 345. — 15, 450. — Daubeny, Journ. of chem. soc. 5, 1. — Loew, Zeitschr. f. Chem. N. F. 5, 625. — Phipson, C. R. 57, 601. — Roussin, Journ. de Pharm. et de Chim. 44, 480. — Chastaing, Ann. de chim. et de phys. (5). 11, 145. — Vogel, Chem. Ber. 10, 1638. — 9) Richter, Technische Leuchtgasanalyse, Dingl. Journ. 186, 394. — Grass, Apparat zur Leuchtgasanalyse. Journ. f. prakt. Chem. 102, 257. — 10) Houzeau, C. R. 76, 52. — 11) Brügelmann, Zeitschr. f. anal. Chem. 15, 175. — 16, 24. — Wartha, Zeitschr. f. anal. Chem. 10, 495. — Letheby, Chem. News 1863, 73. — Valentin, Chem. News 1868, 89. — 12) Regnault, Ann. de chim. et de physique, 68, 409. — Parrish, Proceed. of the Americ. pharm. Associat., Philad. 1862. — Z. f. anal. Ch. 3, 228. — Attfield, Chem. News 1866, 257. — Peckham, Americ. Journ. of sc. and arts 44, 230. — Zeitschr. f. anal. Chem. 7, 358. — Hager, Pharm. Centralhalle 7, 233. — 13) Nach Meyer u. Finkelnburg, Gesetz betreffend den Verkehr mit Nahrungsmitteln etc. Berlin 1880, 164. — Salleron und Urbain, Les Mondes 1866. — Zeitschr. f. anal. Chem. 5, 247. — van der Weyde, Scientific American 1871. — Zeitschr. f. anal. Chem. 11, 338. — 14) Bernstein, Verh. des Ver. zur Beförd. d. Gewerbfleisses in Preussen 1880. — 15) Aus: Gscheidlen, Physiologische Methodik, 1. Liefg., Braunschweig 1876, 50 ff. —

5. Untersuchung der Einrichtungen zur Entfernung der Abfallstoffe und zur Wasserversorgung.

Bei der in den letzten Jahrzehnten in den Vordergrund der praktischen hygienischen Bestrebungen gedrängten Frage der Entfernung der Abfallstoffe handelt es sich wiederum um jene Concurrenz der Interessen, die eine allgemeine befrie-

digende Lösung der vorliegenden Aufgaben so ausserordentlich erschwert. Theils kommen die Interessen der Landwirthschaft, theils finanzielle Bedenken in Betracht; in gewissem Grade erfordert die Gesundheitsgefährdung, welche in einer zu grossen Anhäufung der Excremente in der Nähe der Wohnung und in der Verunreinigung der Luft und des Bodens zweifellos gegeben ist, Einrichtungen, die auf eine Beseitigung der Abfallstoffe abzielen; in hervorragender Weise ist es aber auch hier wieder das ästhetische Bedürfniss, das bei allen auf einer gewissen Culturstufe stehenden Völkern nicht auf die Dauer unberücksichtigt bleiben kann, sondern schliesslich um jeden Preis Befriedigung erheischt, und so auch die möglichst vollständige Entfernung der Ekel erregenden Abfallstoffe des menschlichen Haushalts durchsetzt, selbst wenn schwerwiegende andere Interessen den in diesem Sinne erforderlichen Einrichtungen entgegenstehen. — Die Methode zur Entfernung der Abfallstoffe wird daher in erster Linie dieses ästhetische Bedürfniss berücksichtigen müssen; und diejenige Form der Entfernung wird im Laufe der Zeit trotz aller finanziellen oder landwirthschaftlichen Bedenken meistens den Sieg davon tragen, die am vollständigsten die Entlastung der Bewohner von allen widrigen Eindrücken erreicht. — Vorläufig erfüllen unstreitig Watercloset und Schwemmcanäle am besten die Anforderungen des ästhetischen Gefühls; und wo es irgend möglich ist, wird daher die Bevölkerung einer Stadt diesen Modus zur Entfernung der Abfallstoffe wählen. Daraus ergiebt sich weiter für sehr viele Fälle die Nothwendigkeit von Rieselanlagen; nur selten werden Flüsse zur Disposition stehen, welche den Canalinhalt ohne wesentliche, äusserlich bemerkbare Veränderung ihres Wassers aufnehmen können; und dann bleibt kaum eine andere durchgreifende, und ohne Belästigung anderer Wohnbezirke ausführbare Verarbeitung des Canalinhalts möglich, als die durch Berieselung. — Die Canalisation ist freilich nicht unter allen Umständen durchführbar; es kann vorkommen, dass einzelne Stadttheile eine derartige Lage haben, dass keine Canäle mit hinreichendem Gefälle angelegt werden können; oder dass in der näheren Umgebung der Stadt schlechterdings kein Terrain zur Anlage von Rieselfeldern oder kein zur Aufnahme der Canalmassen geeigneter Fluss vorhanden ist. In solchen Fällen wird man nothgedrungen das LIERNUR'sche System oder eine Abfuhr der Excremente wählen müssen und wird diese Einrichtungen jedenfalls einer schlechten Canalanlage oder einer unvollkommenen nachträglichen Verarbeitung und Entfernung der Abfallstoffe vorziehen müssen. — Namentlich kommt es häufig vor, dass einzelne Stadttheile nur sehr schwierig zu canalisiren sind; solche beschränkte Bezirke eines grösseren Gemeinwesens geben dann die beste Indication für Einrichtung eines Abfuhrsystems, da alsdann die zu bewältigenden Massen von Abgängen nicht zu gross sind, um innerhalb des nächsten Rayons verwerthet zu werden, und da grössere Gemeinwesen andererseits über eine hinreichende Zahl von Aufsichtsbeamten verfügen, ohne welche eine rationelle Durchführung des Abfuhrsystems nicht denkbar ist. —

Gesichtspunkte für die Auswahl eines Systems zur Entfernung der Abfallstoffe.

Schwemmcanäle und Berieselung.

Indicationen der Abfuhr.

Hygienische Gesichtspunkte kommen bei der Auswahl unter den genannten Systemen zur Entfernung der Abfallstoffe erst in zweiter Linie in Frage. Jedes System bewirkt anscheinend in guter Ausführung jenen Grad von Reinhaltung des Bodens und der Luft, der für eine gesunde Beschaffenheit der Wohnungen in Frage kommen kann. Die jetzigen Anschauungen über die Lebensbedingungen der niederen Pilze lassen es als ganz unmöglich erscheinen, Boden, Wasser und Wohnung soweit von jeder organischen Substanz reinzuhalten, dass dadurch die Existenz und Fortentwicklung von Mikroorganismen verhindert oder erschwert würde; und namentlich ist es völlig unwahrscheinlich, dass das geringe Mehr von Reinigung des Bodens,

welches das eine System gegenüber dem anderen etwa bietet, irgendwelche Garantie gegen das Zustandekommen von Infectionskrankheiten zu gewähren vermag. Ein greifbarer Nachtheil scheint nur der Anhäufung von Abfallstoffen beizuwohnen, die zur merkbaren Verunreinigung der Luft und vielleicht zu einer miasmatischen Infection des Körpers führen kann. Die höheren Grade von Reinhaltung der Wohnung und des Bodens, die wir von einem befriedigenden System zur Entfernung der Abfallstoffe zu verlangen gewohnt sind, finden zur Zeit eine durchgreifendere Rechtfertigung in unserem ästhetischen Bedürfniss, als in hygienischen Motiven.

Untersuchung der Wohnungsluft auf Canalgase etc.

Für die Untersuchung der zur Entfernung der Abfallstoffe dienenden Anlagen sind nur wenig specielle Methoden erforderlich. Um zu constatiren, ob und in welcher Menge Ausdünstungen von Abortsgruben, Canalgase etc. ins Haus eindringen, kann man den Gehalt der Luft an charakteristischen Gasen, namentlich CO_2 und NH_3 ermitteln (vgl. pag. 155); in Verbindung mit einer Bestimmung der Ventilationsgrösse ergiebt sich dann die Quantität der innerhalb einer gewissen Zeit eingedrungenen Gase. Auf Ausschluss anderer Quellen derselben Gase ist dabei natürlich Bedacht zu nehmen. Richtung und Menge der durch Abtrittsöffnungen und Ventilationsröhren fliessenden Luft ist durch Anemometer nach den pag. 66 und pag. 512 gegebenen Vorschriften zu ermitteln. —

Untersuchung der Bodenverunreinigung.

Die Verunreinigung des Bodens aus Senkgruben, Canälen etc. ist am sichersten durch chemische Analyse direct an der verunreinigten Stelle entnommener Proben zu erkennen; über die Methoden s. pag. 197; mitunter können auch durch die CO_2-Bestimmung in der Bodenluft resp. durch die Analyse des Grundwassers gewisse Aufschlüsse erhalten werden.

Untersuchung des Canalinhalts.

Zuweilen ist es erforderlich den Canalinhalt einer Analyse zu unterwerfen, um den Grad der Verdünnung desselben, oder die Veränderung seiner Beschaffenheit durch Desinfectionsmittel, durch Rieselanlagen, Filtration etc. zu constatiren. Bei diesen Analysen verfährt man fast genau wie bei der Untersuchung des Trinkwassers. Zunächst ist eine Scheidung der suspendirten Massen von den gelösten vorzunehmen; sodann ist bei beiden Trockenrückstand und Glühverlust zu bestimmen, und eine Stickstoffbestimmung sowohl des ganzen Canalinhalts wie des getrennten löslichen und unlöslichen Theils zuzufügen. Weiter sind Ammoniak, Salpetersäure, Chlor genau wie beim Trinkwasser zu untersuchen; und ebenso erfolgt die Prüfung auf Fermente und Mikroorganismen nach den dort gegebenen Vorschriften. Die Messung der Menge des Canalinhalts erfolgt nach den zur Messung der Wassermasse eines Flusses gebräuchlichen Methode; hierüber s. unten. —

Untersuchung der Canalluft.

In der Canalluft wird der Gehalt an CO_2, NH_3, H_2S nach pag. 149 ff., die Menge und Beschaffenheit der suspendirten Bestandtheile nach pag. 161, die Richtung und Intensität der Luftströmungen mittelst des Anemometers oder aber aus der Vertheilung einer absichtlich im Canal entwickelten, leicht nachweisbaren Gasart bestimmt.

Die bei der Anlage von Canälen zu beobachtenden Cautelen, von welchen die günstige oder ungünstige Beurtheilung eines Canalsystems wesentlich abhängt, betreffen theils das Gefäll und die Tieflage der Canäle, theils die Wasserdichtigkeit des Materials, ferner die Anlage und Menge der Ventilations-, der Spülvorrichtungen, die Construction der Hausleitungen und Strasseneinlässe etc. — Eine Untersuchung dieser Constructionseigenthümlichkeiten fällt fast stets dem Fachtechniker zu; bezüglich derselben muss daher auf die unten citirte Literatur verwiesen werden[1].

Begutachtung von Rieselfeldern.

Für Rieselanlagen ist eine Untersuchung des Bodens nach pag. 183 und pag. 190 von grosser Bedeutung; man kann einestheils versuchen, durch direkte Versuche mit Canaljauche, die man in der pag. 191 beschriebenen Weise anstellt, relative Zahlen für das Absorptions- und Zerstörungsvermögen des Bodens zu erhalten; zweckmässiger aber werden sich die Bestimmungen der Korn- und Porengrösse des Bodens für eine Beurtheilung verwerthen lassen (vgl. pag. 224). Ausser der Beschaffenheit des Bodens ist das Gefälle desselben, die Höhe und die Schwankungen des Grundwassers zu beachten; ferner ist die Lage des Rieselterains so zu wählen, dass eine bequeme Ableitung für das filtrirte Canalwasser ermöglicht ist; die Entfernung von bewohnten Stätten muss hinreichend gross und die Lage zur Stadt wo möglich derart sein, dass die in der warmen Jahreszeit herrschenden Winde nicht in der Richtung vom Rieselfelde zur Stadt wehen. Bezüglich der Grösse des Terrains ist als Grundsatz festzuhalten, dass man dem Boden stets ungefähr so viel Stoffe durch die gezogenen Pflanzen entziehen muss, als man ihm in den zurückgehaltenen Canalbestandtheilen giebt. Im übrigen ist eine exacte Vorausberechnung des erforderlichen Terrainumfangs nicht möglich, sondern kann erst nach längeren im grösseren Massstabe angestellten Versuchen über die Leistungsfähigkeit des Bodens erfolgen.

Untersuchung eines Flusses auf seine Befähigung zur Aufnahme des Canalinhalts.

Wird eine Einleitung des Canalinhalts in die Flüsse intendirt, so ist vor allem das Verhältniss der Canalwassermasse zu der Wassermasse des Flusses festzustellen, ausserdem ist die absolute Geschwindigkeit der Strömung des Flusses, sein mehr weniger gerader Verlauf, die Bildung von starken Erweiterungen und flachen Stellen des Flussbetts, sowie die Figuration der Ufer zu beachten und darauf zu prüfen, ob dieselben in irgend einer Beziehung zu Ablagerungen und belästigenden Wirkungen der eingeleiteten Massen führen können.

Die Bestimmung der Wassermenge eines fliessenden Gewässers erfolgt durch Ermittelung der Geschwindigkeit der Strömung und des Flächeninhalts des Querprofils. Zur Messung der Geschwindigkeit benutzt man am häufigsten den Woltmann'schen Flügel. Derselbe ist ganz ähnlich dem oben (pag. 66) beschriebenen

Bestimmung der Wassermenge eines Flusses.

Anemometer construirt, besteht aus einer horizontalen Welle mit 2 bis 5 schief gegen die Axenrichtung stehenden Flächen oder Flügeln, und giebt, unter das Wasser getaucht und der Bewegungsrichtung desselben entgegengehalten, durch die Anzahl seiner Umdrehungen innerhalb einer gewissen Zeit, die Geschwindigkeiten des fliessenden Wassers an. Das Instrument wird mit einer Blechfahne an einen Stab geschraubt, den man ins Wasser eintaucht; damit das Räderwerk nur während der Beobachtungszeit umlaufe, lässt man seine Axen in Pfannen umgehen, welche auf einem Hebel sitzen, der durch eine Feder niedergedrückt wird, so dass ein Eingreifen der Zähne des Zählwerks in die Schraubengänge nur so lange statt hat, als man den Hebel mittelst einer Schnur emporzieht. — Ferner dienen zur Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeit z. B. die Pitot'sche Röhre, welche in ihrer einfachsten Construction in einer gläsernen Knieröhre besteht, die so ins Wasser gehalten wird, dass der untere Theil derselben horizontal und dem Wasser entgegen zu stehen kommt; durch den Wasserstoss wird in einer solchen Röhre eine Wassersäule zurückgehalten, die über das Niveau des äusseren Wasserspiegels hinausragt und als Maass der Geschwindigkeit des Wassers dienen kann; sodann der Stromquadrant oder das hydrometrische Pendel, bestehend aus einem in Grade getheilten Quadranten und einer im Mittelpunkt desselben mittelst eines Fadens aufgehängten Metallkugel von 5—6 cm Durchmesser; die Geschwindigkeit des Wassers wird durch den Winkel gemessen, um welchen der von der Kugel gespannte Faden von der Verticalen abweicht, wenn man die Ebene des Instrumentes in die Richtung des Stroms bringt und die Kugel unter das Wasser tauchen lässt. — Das Querprofil eines fliessenden Gewässers bestimmt man aus der Breite und mittleren Tiefe des Wassers. Erstere misst man durch Ausspannen einer Messkette oder Legen einer Stange quer über das fliessende Wasser, bei breiten Flüssen mittelst eines Messtisches. Die Tiefe ermittelt man mit einer graduirten Sondirstange mit länglichem Querschnitt und einem Brettchen am Fusse, bei grösseren Tiefen auch mit einer Sondirkette, an deren Ende eine eiserne Platte hängt, die sich beim Einsenken auf das Grundbett aufsetzt. Das Nähere über derartige Messungen s. in den Handbüchern der Mechanik, sowie in Grebenau's unten cit. Schrift[2].

Gesichtspunkte für die Wahl eines Systems der Wasserversorgung.

Für Wasserversorgungen grösserer Städte gilt als Grundsatz, möglichst diejenige Art der Wasserzuleitung zu wählen, die der Qualität nach das wohlschmeckendste und reinste, der Quantität nach das reichlichste Wasser zu liefern im Stande ist. Im Allgemeinen werden Quellenwasserleitungen bevorzugt werden, sofern die Ergiebigkeit der Quellen zuverlässig eine sehr grosse ist; demnächst liefert Grundwasser bei passender Auswahl der Localität ein nahezu ebenso reines und wohlschmeckendes Wasser, allerdings niemals in so reichlicher Menge wie manche Quellwasserleitungen, weil die Förderung jedes Wasserquantums mit Arbeit und Kosten verbunden ist, aber dafür mit viel grösserer Garantie für gleichmässige Ergiebigkeit. Zu filtrirtem Flusswasser wird man nur dann greifen, wenn Quell- und Grundwasserleitungen localer Verhältnisse wegen unausführbar sind; schon die hohe Temperatur des Flusswassers während des Sommers und das natürliche Widerstreben, das meist grob verunreinigte Wasser eines Flusses, wenn auch filtrirt und gereinigt, als Trinkwasser zu benutzen, werden erst in dritter Linie zu

Flusswasserleitungen Zuflucht nehmen lassen. — Meistens kommt der hygienische Standpunkt bei der Auswahl einer bestimmten Form der städtischen Wasserversorgung relativ wenig in Betracht, da bei allen drei Arten der Zuleitung, soweit die Anlagen selbst vorwurfsfrei ausgeführt sind, keine nennenswerthe Gefahr für die Gesundheit vorhanden ist.

Prüfung der Qualität des Wassers.

Die Untersuchungsmethoden, die bei der Anlage von Wasserversorgungen in Frage kommen, beschränken sich auf die Prüfung der Qualität des Wassers und auf die Feststellung der Ergiebigkeit der Wasserquelle. Für die Beurtheilung der Eigenschaften ist die Vorprüfung von grösster Bedeutung; Klarheit, Farb- und Geruchlosigkeit, gleichmässige und namentlich im Sommer niedrige Temperatur gehören zu den unerlässlichen Anforderungen eines brauchbaren Wassers. Sodann hat die chemische Analyse, wie sie im 3. Abschnitt beschrieben ist, die Reinheit des Wassers von fremden Beimengungen und namentlich von Abfallstoffen des menschlichen Haushalts darzuthun. In dieser Beziehung wird man bei Wasserversorgungen selbstverständlich einen weit feineren Massstab anlegen müssen, als bei einzelnen gegrabenen Brunnen, und jedes Wasser ausschliessen, das durch einen Gehalt an Chlor oder Salpetersäure etc. ausgezeichnet ist, wie derselbe in gleicher Höhe im Grundwasser von anderen unbewohnten Stellen der Umgebung nicht vorkommt. — Endlich ist auf das Vorkommen von Eisenspuren sorgfältig zu achten (vgl. pag. 298), sowie auf mikroskopisch wahrnehmbare Algen und Mikroorganismen. (Vgl. pag. 305.) Sämmtliche Untersuchungen sind nothwendig längere Zeit hindurch auszuführen. — Die Feststellung des Wasserquantums, welches von einer Quelle oder einer Grundwasseransammlung geliefert werden kann, gehört gewöhnlich zu den Funktionen des Technikers und kann hier nur angedeutet werden. Die Ergiebigkeit der Quellen lässt sich durch direkte Messungen ermitteln, die aber jahrelang fortgesetzt werden müssen, um namentlich die minimalen Grenzen der Wasserproduction mit Sicherheit kennen zu lernen; ferner lässt sich ein gewisser Anhaltspunkt zur Beurtheilung gewinnen aus der Grösse des Niederschlagsgebietes, welches muthmasslich die Quelle speist, und aus der Menge der auf diesem Gebiet in den Boden eingedrungenen Niederschläge; wie unsicher diese Berechnung in jedem Falle sein muss, geht schon aus den pag. 209 hervorgehobenen Schwierigkeiten hervor, die einer Abschätzung des zu grösseren Bodentiefen gelangenden Antheils der Meteorwasser entgegenstehen. — Sicherer ist diese Berechnung für manche Grundwasseransammlungen ausführbar, für die sich das Niederschlagsgebiet leichter abgrenzen lässt, und für welche ausserdem experimentell die Durchlässigkeit der vorzüglich in Frage kommenden Bodenflächen und ihr Einfluss auf das Verhalten der auffallenden Niederschläge festgestellt werden kann. Ferner

Feststellung des verfügbaren Wasserquantums.

geben Messungen über die Mächtigkeit und Ausdehnung der Grundwassermassen, kurz eine Reliefkarte des Untergrunds genaueren Aufschluss über den zu erwartenden Wasservorrath; und schliesslich kann durch Versuchsbrunnen, bei denen die Menge des ausgeschöpften Wassers und gleichzeitig die Senkung des Grundwasserspiegels gemessen wird, eine ziemlich genaue Abschätzung der für eine Wasserversorgung verfügbaren Grundwassermenge gewonnen werden. (Vgl. Capitel: „Grundwasser.“)[3]

Literatur. Aus der in den letzten Jahren enorm vermehrten Literatur über die Fragen der Städtereinigung seien hier nur folgende Schriften hervorgehoben: Varrentrapp, Entwässerung der Städte, Berlin 1868. — Virchow, Canalisation oder Abfuhr? Berlin 1869. — Generalbericht über die Reinigung und Entwässerung Berlin's, Berlin 1873. — Ueber Anlage von Kanälen: Bürkli, Ueber Anlage städtischer Abzugskanäle etc. Zürich 1866. — Möllinger, Handbuch der zweckmässigsten Systeme etc. Halle 1868. — Dempsey, Rudimentary treatise on the drainage etc. London 1866. — Newmann, Drainage and the water-supply etc. London 1868. — Busse, Erbkam's Zeitschr. f. Bauwesen, 1852. 319. — Ueber Ventilation der Kanäle: Friedmann, Polyt. Centralbl. 1866. 1593. — 1867. 502. — Lemaitre, Polyt. Centralbl. 1863. 1464. — Förster's Bauzeitung, 1864. 233. — Carpenter, Sanit. Rec. 1. 22. — Hermanns, Dingl. Journ. 155. 412. — Reid, Sanit. Rec. 1. 219. — Clark, Publ. Health, 2. 177. — Osborn, ibid. 2. 373. — Ashmead, Sanit. Rec. 3. 183. — Adams, Publ. Health, 2. 168. — Scott, Lancet, 1. 359. — Berieselung: Fegebeutel, Die Canalwasser-Bewässerung etc. Danzig 1870. — Dünkelberg, Nied. Corr. Bl. 2. 125. — A. Müller, Viert. f. öff. Ges. 6. 271. — Latham, Erbkam's Zeitschr. f. Bauwesen, 18. Heft 4—12. — Liernur'sches System: Liernur, Die pneumatische Canalisation etc. Frankfurt 1870. — Die pneumatische Canalisation in der Praxis, Frankfurt 1873. — Offener Brief etc. Prag 1868. — Publ. Health, 3. 6. — Ranke, Bericht etc. München 1870. — Laurin, Das Liernur-System, Prag 1869. — Zehfuss, Die pneumatische Canalisation etc. Frankfurt 1869. — Volger, Die Schwemmsielfrage etc. Frankfurt 1869. — Gloeckner, Die wirkliche Bedeutung etc. Prag 1869. — Ewich, Nied. Corr. Blatt, 2. 159. — Sander, ibid. 2. 121. — Reuss, Viert. f. öff. Ges. 5. 147. — Gori, Med. Tim. and Gaz. 1. 263. — Viert. f. öff. Ges. 6. 163. — Bond, Public Health, 2. 334. — Egeling, ib. 2. 305. — Scott, ib. 2. 350. — Abfuhr: Vogt, Ueber Städtereinigung etc. Bern 1873. — Salviati, Roeder, Eichhorn, Die Abfuhr etc. Berlin 1865. — Schwarz, Dingl. Journ. 183. 481. — Cohen, Nederl. Tigdschr. f. Geneesk. 10. 275. — Viert. f. öff. Ges. 6. 542. — 5. 325. — 2) Grebenau, Die internationale Rheinstrommessung, München 1873. — Vgl. z. B. Weisbach, Lehrbuch der Ingenieur- u. Maschinen-Mechanik, Braunschweig 1875. — 3) Hagen, Handbuch der Wasserbaukunst, Berlin 1869. — Ueber die Bewegung des Wassers etc. Berlin 1870. — Salbach, Die Wasserleitung in ihrem Bau etc. Halle 1870. — König, Anlage u. Ausführung von Wasserleitungen, Leipzig 1868. — Bürkli-Ziegler, Bericht etc. Zürich 1870. — Frischauf, Apparate etc. auf der Wiener Weltausstellung, Offic. Bericht. Heft 76. Wien 1875. — Grahn, Die Wasserversorgung von 159 englischen Städten. Viert. f. öff. Ges. 1875. 168. — ibid. 9. 80, 107. — Journ. f. Gasbel. 18. 447. — 19. 518. — 20. 55. — Die städtische Wasserversorgung, 1. Band. München 1878. — Hughes, A treatise on water works. London 1873. — Hunber, A comprehensiv treatise on the Water-Supply etc. London 1870. — Petermann, Anlage und Ausführung etc. Stuttgart 1871.

III. Untersuchung einiger durch Beruf und Beschäftigung bewirkter schädlicher Einflüsse.

Wirkungsweise der in Beruf und Beschäftigung begründeten schädlichen Einflüsse.

Beruf und Beschäftigung bedingen häufig krankhafte Störungen, und zwar theils durch die Giftwirkung des Arbeitsmaterials, das in gewissen Industrieen zur Verarbeitung gelangt, oder durch giftige Gase, deren Entstehung mit einzelnen Fabrikationszweigen unvermeidlich verbunden ist; theils auch durch die mangelhaften sanitären Verhältnisse des Arbeitsraums, oder endlich durch die Körperstellung oder Körperanstrengung, welche mit einer bestimmten Beschäftigung verbunden ist.

Untersuchung des Materials.

Bei den schädlichen Einflüssen des Arbeitsmaterials liegen die Ursachen der Gesundheitsstörungen meist offen zu Tage, und es bedarf dann keiner besonderen hygienischen Untersuchungen, um die Ursachen zu erforschen. Die häufigsten Erkrankungen durch verarbeitetes Material erfolgen bei der Blei-, Phosphor-, Quecksilber- und Arsenikindustrie; der chemische Nachweis dieser Gifte ist leicht auf dem gewöhnlichen analytischen Wege zu führen (vgl. pag. 300 und pag. 485). Viele Gewerbe bedingen ausserdem durch die Verunreinigung der einzuathmenden Luft mit grösseren Massen suspendirter Bestandtheile Störungen der Gesundheit. Die qualitative und quantitative Bestimmung derselben gelingt mittelst der oben beschriebenen Aëroskope; bei der Differenzirung der Befunde ist zu beachten, dass die anorganischen Beimengungen bei massenhafter und dauernder Einathmung gewöhnlich schädlicher auf die Athmungsorgane wirken, als die organischen, und dass Kohlepartikelchen und vegetabilischer Staub erfahrungsgemäss zu den gefahrlosesten Bestandtheilen der Luft gehören. Die Deutung der einzelnen Objecte hat hier also nach wesentlich anderen Gesichtspunkten zu erfolgen, als bei der gewöhnlichen Untersuchung der Luft (vgl. pag. 160 ff.) Zu den giftigen Gasen, denen Arbeiter häufiger in industriellen Etablissements ausgesetzt sind, zählen namentlich schweflige und salpetrige Säure, Chlor, CO_2, Kohlenoxyd, Ammoniak, Schwefelwasserstoff; die Methoden für den Nachweis dieser Stoffe sind sämmtlich bereits pag. 149 ff. und pag. 522 beschrieben. Betreffs der seltener vorkommenden giftigen Gase s. in EULENBERG's unten cit. Werke. — Für die hygienische Untersuchung der Arbeitsräume haben im Allgemeinen dieselben Gesichtspunkte und Methoden Gültigkeit,

Untersuchung der Luft der Arbeitsräume.

Giftige Gase.

welche für die Begutachtung der Wohnräume zu Grunde gelegt werden. In vielen Fällen wird der Luftcubus des Arbeitsraumes als Massstab für die Beurtheilung seiner Zulässigkeit genommen; es geht aus dem im vorigen Capitel Gesagten hervor, dass auf diese Weise nur selten ein richtiges Urtheil über das hygienische Verhalten des Arbeitsraums gewonnen werden kann, sondern dass nothwendig eine Bestimmung der natürlichen und künstlichen Ventilation zu erfolgen hat. Dabei ist zuweilen ein anderer Grenzwerth, als der für Wohnräume übliche, zu Grunde zu legen, insofern häufig giftige Gase oder massenhafte Verunreinigung der Luft mit suspendirten Bestandtheilen in Frage kommen können, die allein ausschlaggebend dafür sind, ob die Luft eines Arbeitsraums als zulässig und die Ventilation als genügend anerkannt werden soll. Im übrigen s. die oben gegebenen Vorschriften über die Untersuchung der Ventilation, der Temperaturverhältnisse und der Beleuchtung von Wohnräumen. — Werden in den zu begutachtenden Räumen Beschäftigungen vorgenommen, die ein scharfes Sehen erfordern, so ist der Beleuchtung die grösste Aufmerksamkeit zuzuwenden; eine exacte Methode zur Bestimmung der Beleuchtungsintensität durch diffuses Tageslicht würde namentlich für die Untersuchung der Schulen von grösster Bedeutung sein.

Begutachtung der Arbeitsräume.

Untersuchung der Schulbänke.

Zur Untersuchung des Einflusses der Körperstellung und Körperanstrengung sind meistens keine besonderen Methoden erforderlich. Erwähnt sei nur die Prüfung der Schulbänke betreffs ihrer Einwirkung auf die Körperentwicklung der Schulkinder und auf die Entstehung der Kurzsichtigkeit. Hier kommt zunächst die Höhe der Bank in Frage, die der Länge des Unterschenkels (= $^2/_7$ der Körperlänge) gleich sein soll; sodann die Bankbreite, die der Länge des Oberschenkels (= $^1/_5$ der Körperlänge) entsprechen muss. Ferner soll die sogenannte Differenz, d. h. der senkrechte Abstand zwischen Tisch und Bank soviel betragen, wie die Entfernung des herabhängenden Ellenbogens vom Sitzknorren (bei Knaben $^1/_8$, bei Mädchen $^1/_7$ der Körperlänge) unter Hinzufügung von $2^1/_2$ cm (bei grösseren Kindern 5—6 cm), um welche beim Schreiben der Ellenbogen in die Höhe gezogen wird. Viertens soll die Distanz, d. h. die horizontale Entfernung von Tisch und Bank, gleich Null oder negativ sein; endlich ist für die Tischplatte eine Breite von 30—40 cm, eine Länge, welche von rechts nach links der Entfernung beider Ellenbogen bei bequem aufgelegten Vorderarmen (55 bis 70 cm) entspricht, und eine Neigung von 5 : 30 zu fordern.

Literatur. Eulenberg, Handbuch der Gewerbehygiene, Berlin 1876. — Die Lehre von den schädlichen und giftigen Gasen, Braunschweig 1865. — Das Medicinalwesen in Preussen, Berlin 1874. — Layet, Allgemeine und specielle Gewerbe-Pathologie etc. Erlangen 1877. — Vernois, traité pratique d'hygiène industrielle etc.

Paris 1860. — Lohmann, Die Fabrikgesetzgebungen etc. Berlin 1878. — Hirt, Die Krankheiten der Arbeiter, Breslau u. Leipzig 1871—1878. — Arbeiterschutz, Leipzig 1879. — Falk, Die sanitätspolizeiliche Ueberwachung höherer und niederer Schulen, Leipzig 1871. — Baginsky, Handbuch der Schulhygiene, Berlin 1877. — Dalton, Physiologie et hygiène des écoles etc. Paris 1870. — Riant, Hygiène scolaire etc. Paris 1875. — Fahrner, Das Kind und der Schultisch, Zürich 1865. — Frey, Der rationelle Schultisch, Zürich 1868. — Meyer, Die Mechanik des Sitzens etc. Virchow's Arch. 1867, 15. — Virchow, Ueber gewisse die Gesundheit benachtheiligende Einflüsse der Schulen. Virch. Arch. 1869. 447. — Varrentrapp, Viertel. f. öffentl. Ges. 1, 465 (Literaturverzeichniss). — Schildbach, Die Schulbankfrage etc. Leipzig 1872. — Cohn, Die Schulhäuser und Schultische a. d. Wiener Weltausstellung, Breslau 1873. —

IV. Kurze Uebersicht eines Untersuchungsplanes zur Erforschung der Aetiologie epidemischer Krankheiten.

Untersuchung der örtlichen und zeitlichen Disposition gewisser epidemischer Krankheiten.

Für die Untersuchung epidemischer Krankheiten kann es sich vorläufig nur da um die Application besonderer hygienischer Methoden handeln, wo die äussere Umgebung des Menschen eine anerkannte hervorragende Rolle in der Aetiologie der Krankheiten spielt. Infectionskrankheiten, welche sich nur durch Contagien verbreiten oder ohne wesentliche Betheiligung der äusseren Medien zustandekommen, eröffnen nur der oben beschriebenen mühsamen Untersuchung auf organisirte Krankheitserreger Aussicht auf Erfolg oder gestatten mittelst der statistischen Methode gewisse Einblicke in die Art ihrer Verbreitung. Für eine Verwerthung der Mehrzahl der im Vorstehenden geschilderten hygienischen Untersuchungsmethoden bieten sie jedoch wenig oder gar keine Angriffspunkte.

Dagegen erscheint für einige der wichtigsten, verbreitetsten und verheerendsten Seuchen eine weitere Erforschung ihrer Ursachen durch besondere hygienische Methoden möglich zu sein auf Grund der eigenthümlichen Art ihres Auftretens, welches an eine örtliche und zeitliche Disposition geknüpft ist.

Die Krankheiten, welche sich durch eine solche Bevorzugung gewisser Oertlichkeiten und Zeiten auszeichnen, sind namentlich Typhus, Cholera, Gelbfieber, und vielleicht Diphtheritis. Mit mehr weniger grosser Sicherheit kann man bei diesen Krankheiten annehmen, dass gewisse Zustände in den äusseren Medien, in der gewöhnlichen Umgebung des Menschen, das Zustandekommen und namentlich die epidemische Ausbreitung derselben beeinflussen; es wird daher darauf ankommen, diejenigen Zustände der äusseren Umgebung herauszufinden, welche da wo die

Krankheiten herrschen, sich anders verhalten, als da wo die Krankheiten trotz muthmasslich gleicher Infectionsgelegenheit nicht zum Ausbruch kommt. — Nur selten wird indess eine solche Vergleichung statthaft und mit nicht zu grossen Fehlerquellen verknüpft sein; nur da wo mit Sicherheit die Möglichkeit einer Infection nachgewiesen ist, kann die Beobachtung einer immunen oder siechhaften Localität zu weiteren Schlüssen führen. Begrenzte, sog. Hausepidemieen inmitten einer verkehrreichen Stadt, besser noch Epidemieen, die nur in einzelnen Theilen desselben, durchweg unter scheinbar gleichen Verhältnissen befindlichen Wohnhauses auftreten, bieten die beste Aussicht für erfolgreiche Forschungen.

Indicationen zur Anstellung von Beobachtungen.

Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass über die Gesetzmässigkeit und Constanz der localen und zeitlichen Disposition der genannten Infectionskrankheiten die Ansichten noch vielfach getheilt sind. Es ist daher vorläufig nicht möglich für die Erforschung der Aetiologie jener Krankheiten aus den Eigenthümlichkeiten ihres Auftretens ein bestimmtes Schema der Untersuchung aufzustellen, das allgemeine Gültigkeit beanspruchen und auf sichere Resultate rechnen könnte, sondern im Folgenden können nur einige Hinweise darüber gegeben werden, welche der in früheren Capiteln beschriebenen Untersuchungsmethoden namentlich geeignet erscheinen, um diejenigen Einflüsse unserer Umgebung zu durchforschen, die möglicherweise nach den jetzt herrschenden Anschauungen bei der Erzeugung der Disposition oder der Immunität einer Oertlichkeit für Infectionskrankheiten betheiligt sind.

Anzuwendende Untersuchungsmethoden.

Die Untersuchung erstreckt sich theils auf den Boden; hier sind die Methoden zu appliciren, die in der kurzen Uebersicht zur Bodenuntersuchung, pag. 223, angegeben sind; namentlich ist die Durchlässigkeit des Bodens in den oberflächlichen und tieferen Schichten zu bestimmen. Wo ein Aufgraben des Bodens unstatthaft ist, kann die Durchlässigkeit der wasserführenden Schichten wenigstens annähernd durch Pumpversuche ermittelt werden. Ferner ist dem Feuchtigkeitszustand der verschiedenen Bodenschichten grösste Aufmerksamkeit zuzuwenden. Die Höhe des Grundwasserstandes ist zu messen und möglichst sicher zu stellen, wie das Verhalten des Grundwassers vor dem Auftreten der Epidemie war. Nur fortlaufende, nicht nur zur Zeit der Epidemieen angestellte Beobachtungen können in dieser Richtung bestimmte Aufschlüsse liefern. Ebenso hat eine Untersuchung der Bodenluft, der Bodenverunreinigung nur Sinn, wenn die Gelegenheit zu fortgesetzten Untersuchungen derselben Localität gegeben ist. — Ferner ist das Wasser als Krankheitsursache in Betracht zu ziehen. Bei den vielfachen Einflüssen, die an einer jeden Oertlichkeit auf die Beschaffenheit des Wassers einwirken, ist es von besonderer Bedeutung, die zeitlich wechselnde Zusammensetzung desselben ins Auge zu fassen und zu sehen, ob irgend eine Aenderung das Auftreten der Epidemie begleitet. Eine einmalige Wasseruntersuchung kann nach den oben gegebenen Auseinandersetzungen fast niemals zu irgend einem verwerthbaren Resultate führen. — In gleicher Weise sind von einer Untersuchung der Luft nur Erfolge zu erwarten, wenn fortgesetzte Untersuchungen ein Bild der Beschaffenheit derselben an immunen Orten und zu immunen Zeiten, und andererseits während der herrschenden Epidemieen gegeben und so eine Vergleichung ermöglicht haben. — Eine eingehende Untersuchung der Wohnung mittelst der am Anfang dieses Abschnitts zusammengestellten Methoden würde sich diesen directen Untersuchungen der in Betracht kommenden äusseren Umgebung des Menschen anschliessen müssen.

Untersuchung von Boden, Wasser, Wohnung.

Nothwendigkeit fortgesetzter Beobachtungen.

In Bezug auf die Verhältnisse der Ernährung, des Wasserconsums, der Beschäftigung ist man grösstentheils auf die Aussagen der Bevölkerung angewiesen.

Häufig wird hierbei der Fehler gemacht, dass nur die Erkrankten oder höchstens noch ein Theil der Gesunden nach dem Genuss eines bestimmten Wassers, eines Nahrungsmittels etc. ausgefragt werden; eine solche Erhebung ist dann durchaus unzureichend; man wird vielmehr stets die sämmtlichen Bewohner eines Hauses, resp. Alle, die mit der vermutheten Krankheitsursache in Berührung gekommen sein können, ausforschen müssen und jede einzelne, auch von Gesunden gegebene Auskunft hat in dieser Beziehung dasselbe Gewicht für die schliessliche Beurtheilung wie die Aussage der Erkrankten. Viele der scheinbaren Ergründungen von Typhusursachen basiren sicher nur auf in dieser Beziehung mangelhaft angestellten Beobachtungen. Ueberhaupt ist aber den persönlichen Aussagen der Bevölkerung ein sehr geringer Werth beizumessen. Theils durch absichtliche Täuschung, theils durch Missverständniss, Scheu, Aberglauben und Ignoranz entstehen fast stets eine grosse Anzahl falscher und ungenauer Antworten; und Jedem, der einmal mit wissenschaftlichem Ernst eine derartige Erhebung gemacht hat, bei welcher man auf den guten Willen und die Aufrichtigkeit der Bevölkerung angewiesen ist, wird sich die Erfahrung aufgedrängt haben, dass nur in den seltensten Fällen auf diese Weise zu einigermassen gesicherten Resultaten zu gelangen ist.

Unzuverlässigkeit der Aussagen der Bevölkerung.

Die Nothwendigkeit fortgesetzter Beobachtungen an den untersuchten Localitäten einerseits, die Unsicherheit in den Angaben, die man durch Ausfragen der Bevölkerung erhält, andererseits, führt zu dem Schluss, dass unter den gewöhnlich vorliegenden Verhältnissen eine Erfolg versprechende Untersuchung auf die Aetiologie der Infectionskrankheiten kaum möglich ist. Eine solche erscheint vielmehr nur dann ausführbar, wenn an den zu beobachtenden Orten Stationen zu dauernden Untersuchungen eingerichtet werden können und wenn die Bewohner dieser Orte unter strenger Controle stehen, welche jede willkürliche Aussage betreffs der Berührung mit der Infection verdächtigen Objecten, betreffs der Beschäftigung etc. nach Möglichkeit ausschliesst. Diese Bedingungen sind beispielsweise in exquisiter Weise gegeben in den Kasernen. Ein Beobachtungsnetz, welches sich über die Kasernements der verschiedensten Garnisonen erstreckte, würde zweifellos am meisten geeignet sein, Aufschlüsse über die locale und zeitliche Disposition zu Infectionskrankheiten zu geben. — Speciell für die Untersuchung des örtlichen und zeitlichen Vorkommens von Typhusepidemieen in Kasernen ist nun von Pettenkofer und Port auf der 3. Versammlung des deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege ein Plan aufgestellt, der als Schema für alle ähnlichen derartigen Untersuchungen dienen kann, und der deshalb im Auszuge hier mitgetheilt werden soll:

Schwierigkeiten erfolgreicher Untersuchungen.

Kasernen als geeignete Beobachtungsstationen.

Die in den Kasernen anzustellenden Untersuchungen und Erhebungen lassen sich, obwohl sie im Princip sämmtlich gleich wichtig und unentbehrlich sind, aus praktischen Gründen in zwei Kategorieen bringen

a) solche, welche ohne weitere Vorbereitung und Unterweisung sofort vorgenommen werden können (statistische und physikalische Untersuchungen),

Untersuchungsplan für das örtliche und zeitliche Vorkommen von Typhusepidemieen in Kasernen.

b) solche, welche mehr Vorbereitung und die vorherige Einübung gewisser Manipulationen voraussetzen (chemische Untersuchungen).

Ad a) Für die statistisch-physikalischen Untersuchungen würde

1. den Militär-Ingenieuren die Aufgabe zufallen:

α) Situationspläne der Kasernen und ihrer Umgebung anzufertigen, auf welchen die Höhecoten eingetragen und die Drainage der Oberfläche für Regen- und Hauswasser bezeichnet ist;

β) den Baugrund und Untergrund jeder Kaserne von der Oberfläche bis zur ersten wasserdichten (wassersammelnden) Schicht auf seine geognostische Beschaffenheit (ob alluviale, diluviale, tertiäre etc. Schichten) sowie auf seinen physikalischen Aggregationszustand (ob aufgefüllter Boden und welcher Art, ob Geröll, Kies, Sand, Lehm u. s. w. oder Mischungen davon) zu untersuchen, und wo verschiedene Schichten übereinanderlagern, die Mächtigkeit der einzelnen anzugeben, ferner anzugeben, welche Kasernen oder Kasernentheile auf compactem, für Wasser und Luft undurchgängigem Felsen und welche auf Pfahlrost stehen;

γ) von baulichen Verhältnissen anzugeben, aus welchem Baumaterial die Wände der Kaserne bestehen, ob zu den im Boden stehenden Mauern das gleiche Material verwendet ist wie zu den in der Luft stehenden, wann die Kaserne erbaut, wann und welche wesentliche bauliche Veränderungen (Umbauten und Anbauten) vorgenommen wurden, wie die Abtritte und andere Vorrichtungen für flüssige und feste Abfallstoffe (alle Arten von Gruben und Miststätten) beschaffen sind und welche ihre örtliche Lage ist, ob die Mannschaftszimmer besondere Ventilationsvorrichtungen haben, wie gross der Rauminhalt jedes einzelnen Zimmers ist;

δ) die Art der Trinkwasserversorgung der Kasernen und ihrer Theile (ob Wasser aus Röhrenleitungen, aus gegrabenen oder gebohrten Brunnen u. s. w.) anzugeben;

ε) im Niveau der Bodenoberfläche Fixpunkte an den Kasernenbrunnen anzubringen, und diese Punkte auf die mittlere Höhencote des nächstgelegenen Flusses oder Baches einzunivelliren;

ζ) die regelmässigen Exercirplätze anzugeben und deren örtliche Lage und Bodenbeschaffenheit zu beschreiben;

η) den Militärärzten neben Grundrissen der einzelnen Stockwerke lithographirte Aufrisse der Kasernen nach einem beizulegen-

den Muster zur Verfügung zu stellen, in welche die vorkommenden Fälle von Abdominaltyphus (und anderen epidemischen Krankheiten) nach Stockwerk, Zimmernummer und Monat des Zuganges eingetragen werden können.

2. Den Militärärzten würde die Aufgabe zufallen:

α) monatlich die Belegung jedes Mannschaftszimmers zu notiren, zur Gewinnung von Durchschnittszahlen der Belegung sowohl der Kasernen im Ganzen als ihrer einzelnen Zimmer;

β) die etwa vorkommenden Fälle von Typhus (auch von Cholera, Ruhr u. s. w.) auf Grund von Zählblättchen nach einem beizulegenden Muster in die lithographirten Aufrisse der Kasernen einzuzeichnen, damit die Gruppirung der Krankheitsfälle, ihre Ausbreitung in horizontaler oder verticaler Richtung und besonders ihr Verhalten zu den Abtritten ersichtlich wird;

γ) auf einer graphischen Tafel die zeitliche Aufeinanderfolge der Erkrankungsfälle jeder Garnison, nach Kasernen geschieden, und mit monatweiser Angabe der Bewohnerzahl jeder Kaserne, ersichtlich zu machen;

δ) womöglich die Typhusvorkommnisse auch im Civil in allen Garnisonsorten zu beobachten und statistisch zu verfolgen;

ε) an sämmtlichen Brunnen jeder Kaserne tägliche Messungen des Grundwasserstandes und wöchentliche Messungen der Grundwassertemperatur vorzunehmen;

ζ) täglich die Bodentemperatur aus einer Tiefe von $1^1/_2$ bis 3 m zu notiren;

η) in jeder Garnison die tägliche Regen- und Verdunstungsmenge zu messen.

Ad b) Die anzustellenden chemischen Untersuchungen hätten zu bestehen:

α) in täglicher Untersuchung der Pump- und laufenden Wasser auf ihren Gehalt an einigen wesentlichen Bestandtheilen (namentlich Gesammtrückstand, Chlor und Salpetersäure etc.);

β) in wöchentlicher Untersuchung der Luft des porösen Baugrundes aus Tiefen von $1^1/_2$ und 3 m auf ihren Kohlensäuregehalt.

V. Principien der statistischen Beobachtungsmethode.

Charakteristik der statistischen Methode.

Die statistische Methode charakterisirt sich 1) durch den Gebrauch der Ziffer; 2) durch die Zifferngruppirung, welche auf die Darstellung der dauernden Thatsachen hinausläuft, die aus den zufälligen Thatsachen auszusondern sind; 3) durch vergleichende Darstellung der dauernden oder zufälligen, wechselnden Thatsachen nach Zeit, Raum und sonstigen Beziehungen zu einander; 4) durch den Gebrauch der festgestellten Thatsachen zu Schlussfolgerungen. — Die Hygiene kann sich in manchen Fällen dieser Methode mit Vortheil bedienen, um Krankheitsursachen zu eruiren, die einer Erforschung auf experimentellem Wege noch nicht zugänglich sind. Die Hygiene hat aber die Grundsätze der statistischen Wissenschaft aufs genaueste zu beobachten, wenn die so erhaltenen Resultate beweisende Kraft haben sollen, und wird stets der ungemein zahlreichen Fehlerquellen eingedenk sein müssen, welche den nur äusserst schwer einer statistischen Behandlung zugänglichen Objecten der hygienischen Forschung anhaften.

Schwierigkeit der statistischen Behandlung hygienischer Objecte.

Die wesentlichsten dieser Fehlerquellen sind theils in dem Rohmaterial enthalten, welches zum Aufbau der Zahlen dient; theils in der Gruppirung der Zahlen und den daraus gezogenen Schlussfolgerungen. — Bei den hygienisch-statistischen Untersuchungen handelt es sich fast stets um eine Morbiditäts- oder Mortalitätsstatistik. Am wichtigsten ist dabei eine genaue Bezeichnung der Krankheit; aber leider ist schon hier eine sehr geringe Garantie für die Richtigkeit der Angaben gegeben, so dass von vornherein den aus diesem Material gezogenen Resultaten eine unvermeidbare Unsicherheit anhaftet. — Als zweckmässigste Methode zur Registrirung der Einzelfälle und zur nachfolgenden Gruppirung derselben verwendet man jetzt allgemein Zählblättchen. Dieselben bestehen aus Karten im Format der Spielkarten; man kann dieselben leicht nach den verschiedensten Gesichtspunkten gruppiren; will man die an einer bestimmten Krankheit Gestorbenen zählen, so wirft man alle Karten, auf denen die betreffende Krankheit verzeichnet ist, auf einen Haufen; will man die Gestorbenen nach Altersklassen gruppiren, so wirft man die mit gleichen Lebensaltern bezeichneten Karten zusammen, und so fort. — Eine Erleichterung gewährt es, wenn man ausserdem für stets wieder-

Sammeln des Materials.

Zählblättchen-Methode.

kehrende und zu berücksichtigende Kategorien verschiedene Farben der Karten wählt, z. B. für männliche und weibliche Personen, da alsdann wieder innerhalb der nach anderen Gesichtspunkten gruppirten Karten eine Unterscheidung dieser Kategorieen leicht möglich ist.

Für die Zusammenstellung der Zahlen ist festzuhalten, dass nur wirklich gleichartige und vergleichbare Zahlen oder Werthe zusammengestellt werden können. Daher muss man stets Verhältnisszahlen berechnen und wählt hierzu gewöhnlich die Berechnung nach Procent oder Promille. Ausserdem giebt häufig die Bestimmung der Durchschnittszahlen oder Mittelwerthe und der Grenzwerthe Aufschlüsse über hygienische Fragen. — Die Resultate werden am zweckmässigsten graphisch dargestellt. Auf einer Horizontallinie, der Abscissenachse werden die Zahlen der einen Function, z. B. der Zeit, auftragen; auf der Abscissenachse erheben sich senkrechte Linien, und auf diesen wird die Zahl von registrirten Fällen eingetragen, welche zu dem betreffenden Zeitabschnitt gehört; verbindet man schliesslich die Ordinatenhöhen unter einander, so entsteht eine krumme Linie, eine Curve, welche eine bildliche Darstellung der Beziehung zwischen den beiden beobachteten Grössen liefert. — Zu solchen Darstellungen benutzt man zweckmässig käufliches Papier, das in Quadratcentimeter oder Quadratmillimeter getheilt ist. — Ueber die Ausmessung solcher Curven s. im Anhang und vgl. pag. 115.

Zusammenstellung der Zahlen.

Graphische Darstellung.

Mehr wie in den meisten anderen Gebieten stösst die richtige Verwerthung der statistisch gewonnenen Zahlen in der Hygiene auf ausserordentliche Schwierigkeiten. Namentlich ist es die enorme Vielheit der Ursachen, welche auf Erkrankung und Sterblichkeit von Einfluss sind, die ein sicheres Erschliessen einer einzelnen Ursache aus statistischen Zahlen fast unmöglich erscheinen lassen. Solche Momente, welche bei der Feststellung der Mortalität in Frage kommen, sind beispielsweise: Individuelle Einflüsse, Geschlecht, Alter, körperliche Beschaffenheit, Lebensweise; gesellschaftliche Lebensverhältnisse, Beruf und Erwerbszweig, Wohlstand und Armuth; örtliche Einflüsse wie Bodengestaltung, Bodenbeschaffenheit, Klima, örtliche Temperatur und Witterung, Beschaffenheit der Luft, des Wassers u. s. w. — Es muss naturgemäss äusserst schwierig sein, unter diesen vielfachen möglicherweise wirksamen Ursachen eine einzelne herauszugreifen und mit Sicherheit die Abhängigkeit der Morbiditätsbewegung von derselben durch statistische Zahlen zu erweisen. Namentlich hat man sich zu hüten, Coïncidenzen als Causationen zu nehmen und hat aufs sorgfältigste zu ermitteln, ob die gefundenen Uebereinstimmungen constante, regelmässig sich wiederholende, oder variable, regellose und nur zu Zeiten sich ereignende sind. — Ein Rückschluss auf einzelne Krankheitsursachen oder auch auf die Gesammtheit der hygienischen Bedingungen aus der Vergleichung der Mortalität verschiedener Städte ist z. B. deshalb kaum möglich, weil die Geburtsziffer, das durchschnittliche Lebensalter, das Verhältniss der beiden Geschlechter, der Ab- und Zuzug der Bevölkerung in zwei Städten völlig verschieden sein und die Mortalität alteriren kann; etwas eher ist eine Vergleichung statthaft, wenn man einen der wesentlichsten Einflüsse der Mortalität, dem Lebensalter, Rechnung trägt, und nur die einzelnen Lebensalter mit einander in Parallele setzt; immerhin bleiben aber

Verwerthung der gewonnenen Zahlen.

Schwierigkeit der Isolirung einer einzelnen Ursache.

auch dann noch erhebliche Fehlerquellen bestehen. Namentlich ist ferner zu erwägen, dass überhaupt aus der Mortalitätsziffer schwer ein Schluss auf die hygienische Beschaffenheit der Oertlichkeit und ihre Disposition zu Erkrankungen zu ziehen ist, weil stets nur auf die Todesfälle Rücksicht genommen wird und die Morbiditätsziffer vielleicht ganz andere Werthe ergeben würde.

Beispiele für die Schwierigkeit richtiger Schlussfolgerungen.

Zwei Beispiele mögen zeigen, wie leicht unrichtige Resultate aus der statistischen Beobachtung gezogen werden können. Häufig findet man bei Untersuchungen über den Brechdurchfall der Kinder die Berechnung, dass unter einer bestimmten Zahl gestorbener Kinder x Procent gewesen seien, die mit Muttermilch ernährt wurden, und y Procent, die künstlich aufgezogen wurden; ist nun y grösser als x, so schliesst man, dass folglich die künstliche Ernährung zum Brechdurchfall disponire. Ein solcher Schluss ist selbstverständlich nicht statthaft; er besagt nichts anderes als: Es sterben im Jahre x Officiere und y Soldaten; da nun y viel grösser ist als x, so ist die Sterblichkeit unter den Soldaten so viel grösser als unter den Officieren. Die aus der Berechnung der Kindersterblichkeit gezogene Folgerung ist genau so absurd; vielmehr würde eine Vergleichung zwischen der Sterblichkeit der mit Muttermilch ernährten und der künstlich genährten Kinder erst dann möglich sein, wenn die Menge der vorhandenen lebenden Kinder von beiden Kategorieen festgestellt wäre und die Gestorbenen in Procenten der lebenden künstlich genährten resp. der lebenden mit Muttermilch genährten Kinder ausgedrückt würden. Eine solche Angabe der Zahl der vorhandenen Kinder beider Kategorieen ist indess begreiflicherweise schwer herzustellen. — Boeck hat im vorliegenden Falle zu einem anderen Auswege gegriffen; er ermittelt die Zahl von Kindern, die einerseits an Krankheiten der Verdauungsorgane, andererseits an Leiden der Respirationsorgane u. s. w. gestorben ist; bei beiden Arten von Krankheiten bestimmt er nun wieder das Verhältniss der künstlich genährten zu den mit Muttermilch genährten Kinder; und da bei den an Respirationskrankheiten gestorbenen Kindern das Verhältniss zwischen beiden Kategorieen gleich bleibt, dagegen bei den an Darmaffectionen gestorbenen sich weit stärker auf die Seite der künstlich ernährten neigt, so ist hieraus dann allerdings der Schluss gestattet, dass die Ernährungsweise zu den fraglichen Darmkrankheiten in näherer Beziehung stehe.

Als zweites Beispiel sei die so vielfach hervorgehobene Mortalitätsstatistik einiger englischer Städte erwähnt, aus welcher man zuweilen erweisen wollte, dass die Einführung der Canalisation oder der Abfuhr eine Abnahme gewisser Infectionskrankheiten, namentlich des Typhus, zur Folge gehabt habe. Man muss bei einer solchen vergleichenden Statistik sehr wohl berücksichtigen, was alles ausser der speciell in Betracht gezogenen Massregel in jenen Städten geschehen ist, um die Gesundheit zu fördern. Nicht genug kann betont werden, dass diese ganze Statistik ja immer nur auf die Mortalität an Typhus etc. aufgebaut ist. Daraus geht sofort hervor, dass schon eine bessere Behandlungsweise der Erkrankten günstigere Zahlen hervortreten lassen musste. Jene späteren Perioden sind aber gerade diejenigen, wo die verständigere Therapie und namentlich die Kaltwasserbehandlung beim Typhus allgemein eine viel geringere Mortalität der Kranken verursachte. Ferner wurde durch Bau und Besserung der Hospitäler, durch Gründung von Krankenkassen, durch eine Regelung der Armenpflege eine bessere Behandlung der Erkrankten erzielt. Dazu kommen eine Reihe wichtigster Präventivmassregeln; kaum eine Seite des menschlichen Bedarfs ist in jener Zeit der sanitären Reformen unberührt geblieben. Die Wohnungsverhältnisse wurden in energischer Weise regulirt; in manchen jener Städte wurden geradezu ganze Quartiere niedergerissen, die den sanitären Anfor-

derungen nicht entsprachen. Die Kost der arbeitenden Bevölkerung wurde durch Volksküchen und Suppenanstalten gebessert. Der Beschäftigung wurde grosse Aufmerksamkeit zugewandt; Kinder- und Frauenarbeit eingeschränkt; gesundheitsschädliche Gewerbe überwacht.

Diese ganze Summe hygienischer Reformen hat in den letzten Jahrzehnten an den meisten Orten, bald in höherem, bald in geringerem Grade ihre Wirksamkeit entfaltet. Schon die kurze Anführung der vielfachen darin verborgenen Ursachen für eine günstigere Mortalität muss genügen, um es als ganz unmöglich erscheinen zu lassen, aus einer beobachteten geringeren Sterblichkeit nun gerade auf eine einzelne solche Ursache, z. B. die Canalisation oder Bodenreinigung zurückzuschliessen. Dazu kommt noch, dass auch eine gleichmässige statistische Zahlenerhebung, wie sie doch für solche Vergleichungen erforderlich ist, für längere Zeiträume kaum möglich ist.

Will man nämlich die Mortalität an Typhus in Procentzahlen der allgemeinen Sterblichkeit geben, so müsste, damit vergleichbare Zahlen resultiren, die letztere gleichbleiben oder in bestimmtem und bekanntem Verhältniss sich ändern. Das ist aber natürlich durchaus nicht der Fall. Die wechselnde Sterblichkeit der Säuglinge, die contagiösen Kinderkrankheiten, Pocken oder Choleraepidemieen beeinflussen die allgemeine Mortalität in ganz unberechenbarer Weise.

Giebt die Statistik die Mortalität in Procenten der Lebenden, so ist wiederum eine Gleichartigkeit der Bevölkerung vorausgesetzt. Auch diese ist aber in den seltensten Fällen vorhanden. Namentlich die rasche Ausdehnung der Städte verändert leicht die Zusammensetzung der Bevölkerung; wo die nächstgelegenen Dörfer als Vorstädte sich entwickeln, zieht ein grosser Theil der ärmeren arbeitenden Bevölkerung dorthin, die Mehrzahl der unehelichen Kinder endet dort ihr Leben; werden diese Vororte nicht zum Stadtgebiet gezählt, so wird eine scheinbare Besserung der Mortalität eintreten. — In demselben Sinne kann die Statistik sich ändern dadurch, dass die einzelnen Altersklassen mit geringster Mortalität in grösserer Menge in einer Stadt sich ansammeln; Entwickelung des Handels, Errichtung grösserer Lehranstalten, industrielle Unternehmungen können in solcher Weise wirken.

Dieser kurze und keineswegs vollständige Abriss der Schwierigkeiten einer Statistik, welche in der erwähnten Weise aus zeitlichen oder örtlichen Differenzen der Mortalität Rückschlüsse auf einzelne Ursachen machen will, möge genügen, um zu zeigen, mit welcher Vorsicht statistische Beobachtungen ätiologisch verwerthet werden müssen. Nur unter Anwendung strengster Kritik kann auch diese Methode der hygienischen Forschung wirkliche und bleibende Vortheile bringen.

Literatur. Block, Handbuch der Statistik. Deutsch von v. Scheel, Leipzig 1879. — Oesterlen, Handbuch der medicinischen Statistik, Tübingen 1874. — Hirschberg, Die mathematischen Grundlagen der medicinischen Statistik, Leipzig 1874. — Rümelin, Reden u. Aufsätze, Tübingen 1875. — Malthus, an essay on the principle of population, 7 ed., London 1872. — Engel, die Sterblichkeit und Lebenserwartung etc., Berlin 1863. — Becker, Preussische Sterbetafeln etc. Zeitschr. d. preus. stat. Bür. 1869.

Anhang.

Ausmessung von Curven.

(Nach Gscheidlen, Physiologische Methodik.)

Ausmessung von Curven

Wenn aus Curven bei gegebener Abscisse Mittelwerthe abgeleitet werden sollen, so gilt es, unregelmässig begrenzte Flächen auszuwerthen. Die Lösung dieser Aufgabe kann durch verschiedene Methoden erzielt werden, entweder durch das Schätzquadrat, oder auf geometrischem Wege oder dadurch, dass man die auszuwerthende Fläche aus Stanniol oder Papier ausschneidet und wägt und das Gewicht mit dem Gewichte eines aus demselben Material geschnittenen Quadrates von bekannter Seite vergleicht, oder durch die Planimeter.

1. Ermittlung des Flächeninhalts durch das Schätzquadrat.

durch das Schätzquadrat,

Ein Schätzquadrat stellt man sich dadurch her, dass man auf Oelpapier eine Reihe von Quadraten, etwa Quadratmillimeter aufzeichnet und dieses Papier auf die auszuwerthende Fläche legt. Indem man nun die Anzahl der Quadrate abzählt, welche vollständig innerhalb der Fläche zu liegen kommen und hierzu die Bruchtheile der Grenzquadrate addirt, welche nach dem Augenmaass von der auszuwerthenden Fläche eingenommen werden, erhält man die Grösse der Oberfläche. Statt des Oelpapiers kann man sich auch eines Rahmens von Holz oder Pappe bedienen, auf dem Fäden oder feine Drähte quadratisch ausgespannt sind. Es liegt in der Natur dieser Methode, dass dadurch nur ein annähernder Werth erzielt werden kann.

Die mittlere Ordinate erhält man dadurch, dass man den Flächeninhalt durch die Abscisse dividirt.

2. Ermittlung des Flächeninhalts auf geometrischem Wege.

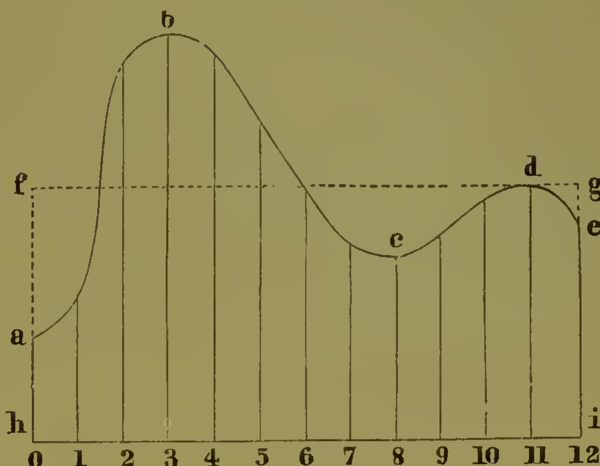
durch Construction der mittleren Ordinate,

Bei dieser Methode ermittelt man den Inhalt einer unregelmässig begrenzten Fläche dadurch, dass man sie durch eine Gerade in zwei Theile zerlegt und auf dieser in beliebigen gleich weit von einander abstehenden Punkten Senkrechte bis an die Umgrenzung errichtet. Durch Addition dieser Senkrechten, Ordinaten genannt, und Division durch die Anzahl der Indervalle erhält man eine mittlere Ordinate, mittelst der und der zuerst gezogenen Geraden man ein Rechteck construiren

kann, das den Flächeninhalt der auszuwerthenden Figur annähernd angiebt. Das Resultat wird um so genauer, je mehr Ordinaten gezogen werden.

Diese Methode kann man benützen, um aus den Angaben registrirender Instrumente Mittelwerthe abzuleiten. Ist z. B. Fig. 88 *a b c d e* eine Curve und *h i* die Abscisse, und soll aus dieser Curve ein Mittelwerth entnommen werden, so theilt man die Abscisse in beliebig kleine Theile und errichtet in den Theilungspunkten Ordinaten. Die Summe sämmtlicher Ordinaten dividirt durch die Anzahl der Intervalle giebt annähernd den gesuchten Mittelwerth $hf = ig$. Das Rechteck $h f g i$ hat annähernd den gleichen Flächeninhalt wie die unregelmässig begrenzte Fläche $habcdei$.

Fig. 88.



3. Ermittlung des Flächeninhalts durch Wägung.

Diese Methode beruht darauf, dass sich Flächeninhalte beliebiger Figuren aus gleichgewalztem Stanniol oder gleichmässigem Papier wie ihre Gewichte verhalten. Zu dem Ende schneidet man die auszuwerthende Fläche aus Papier oder Stanniol aus und bestimmt das Gewicht des Ausschnittes. Hierauf schneidet man ein Quadrat von beliebigem aber bekanntem Inhalt aus demselben Materiale aus und bestimmt dessen Gewicht. Die Gewichte verhalten sich bei gleicher Dicke des Papiers oder Stanniols wie ihr Inhalt. **durch Wägung**

Um sicher zu sein, dass das Papier eine ganz gleiche Stärke hat, schneidet man von demselben Bogen verschiedene Quadrate aus. Das Papier ist nur dann brauchbar, wenn die Gewichte dem quadratischen Inhalte der verschiedenen Stücke proportional sind.

4. Ermittlung des Flächeninhalts durch die Planimeter.

Die Planimeter sind Instrumente, die den Flächeninhalt einer ebenen Figur durch blosses Umfahren des Umfangs angeben. Solche Instrumente sind angegeben von Weltli, Ernst, Hansen, Amsler und beschrieben in Fick's medicin. Physik und in Gscheidlen's phys. Methodik. Das Princip des Amsler'schen Planimeters ist kurz folgendes: Das Instrument besteht aus 2 messingenen Stäbchen. Das eine derselben von 22 cm Länge ist an dem einen Ende mit einem Fahrstift versehen und in einem messingenen Rahmen verschiebbar, das kürzere Stäbchen ist an dem einen Ende um eine innerhalb einer bestimmten Grenze horizontal drehbare Achse befestigt, an dem anderen Ende ist eine Nadelspitze zum Feststellen des Instrumentes angebracht. In dem Rahmen gleitet in einer horizontalen Achse eine Laufrolle, die an ihrem äusseren Rande mit einer Theilung versehen ist. Am Rahmen befindet sich ausserdem eine Kreisscheibe, die, um eine verticale Achse drehbar, durch eine an der Achse der Laufrolle befindliche Schraube ohne Ende derart in Bewegung gesetzt wird, dass sie auf eine Umdrehung der Laufrolle $^1/_{10}$ einer Umdrehung macht. **durch Planimeter.**

An dieser Kreisscheibe können daher die ganzen Umdrehungen der Laufrolle und am Nonius die Bruchtheile derselben abgelesen werden.

Während jeder Messung hat das längere Stäbchen eine unveränderliche Stellung gegen den Rahmen und es wird dieselbe nur geändert, wenn man der Messung eine andere Flächeneinheit zu Grunde legen will.

Beim Gebrauche setzt man das Planimeter so auf, dass die Laufrolle, die Nadelspitze und die Spitze des Fahrstiftes aufsitzen. Die Nadelspitze drückt man sanft gegen das Papier und beschwert sie noch mit einem Messingklötzchen. Sodann bringt man die Spitze des Fahrstiftes auf einen bezeichneten Punkt des Umfangs der zu messenden Figur und notirt den Stand der Laufrolle an der Kreisscheibe und dem Nonius. Man verfolgt dann von rechts nach links herum genau den Umfang der Figur mit dem Fahrstift, bis man auf den Ausgangspunkt zurückkommt, notirt wiederum den Stand der Rolle und subtrahirt die erste Ablesung von der zweiten.

Interpolation durch Rechnung;

Zur Interpolation kann man zwei verschiedene Methoden einschlagen, die graphische und die Interpolation durch Rechnung. Bei Anwendung der letzteren sucht man eine Formel auf, in welcher die einen Werthe als eine Function der anderen dargestellt sind und die dann also für beliebige Werthe von a die Werthe von b zu berechnen gestattet. — In den meisten Fällen ist die graphische Interpolation einfacher. Man trägt zunächst auf der Abscissenachse eines rechtwinkligen Coordinatensystems nach einem bestimmten Maass die Werthe von a auf, errichtet dann an den Punkten, welche beobachtete Werthe von a bezeichnen, Ordinaten und trägt auf diesen die gleichzeitig beobachteten resp. zugehörigen Werthe von b auf. Sodann verbindet man die erhaltenen Ordinatenhöhen durch eine Linie, welche die fortlaufenden Werthe von b als Function der Werthe von a darstellt; für jeden beliebigen Werth von b kann man sodann den zugehörigen Werth von a finden, indem man von dem betreffenden Punkte ab die Senkrechte auf die Abscisse zieht. —

graphische Interpolation.

Tabellen.

Tabelle I. Siedepunkt des Wassers bei verschiedenen Barometerständen.

(Nach Regnault aus Renou's Tables usuelles.)

Millimeter	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Celsius									
580	92·615	92·661	92·707	92·753	92·799	92·845	92·890	92·936	92·981	93·027
590	93·072	93·118	93·163	93·208	93·253	93·298	93·343	93·388	93·433	93·478
600	93·523	93·568	93·612	93·657	93·701	93·746	93·790	93·835	93·879	93·923
610	93·967	94·011	94·056	94·100	94·143	94·187	94·231	94·275	94·318	94·362
620	94·406	94·449	94·493	94·536	94·579	94·623	94·666	94·709	94·752	94·795
630	94·838	94·881	94·924	94·967	95·009	95·052	95·095	95·137	95·180	95·222
640	95·265	95·307	95·350	95·392	95·434	95·476	95·518	95·560	95·602	95·644
650	95·686	95·728	95·769	95·811	95·853	95·895	95·936	95·978	96·019	96·061
660	96·102	96·143	96·185	96·226	96·267	96·308	96·349	96·390	96·431	96·472
670	96·513	96·553	96·594	96·635	96·676	96·716	96·757	96·797	96·838	96·878
680	96·918	96·958	96·999	97·039	97·079	97·119	97·159	97·199	97·239	97·279
690	97·319	97·359	97·398	97·438	97·478	97·517	97·557	97·597	97·636	97·676
700	97·715	97·755	97·794	97·833	97·873	97·912	97·951	93·990	98·029	98·068
710	98·107	98·146	98·185	98·224	98·262	98·301	98·340	98·378	98·417	98·455
720	98·494	98·533	98·571	98·610	98·648	98·687	98·725	98·763	98·802	98·840
730	98·878	98·916	98·954	98·992	99·030	99·068	99·106	99·143	99·181	99·219
740	99·256	99·294	99·331	99·369	99·406	99·444	99·481	99·519	99·556	99·593
750	99·630	99·668	99·705	99·742	99·779	99·816	99·853	99·890	99·926	99·963
760	100·000	100·037	100·073	100·110	100·147	100·183	100·220	100·256	100·293	100·329
770	100·365	100·402	100·438	100·474	100·510	100·547	100·583	100·619	100·655	100·691

Tabelle II. Verwandlung von Réaumur-Graden in Celsius-Grade.

Réaumur	·0	·1	·2	·3	·4	·5	·6	·7	·8	·9
					Celsius					
0	0·00	0·13	0·25	0·38	0·50	0·63	0·75	0·88	1·00	1·13
1	1·25	1·38	1·50	1·63	1·75	1·88	2·00	2·13	2·25	2·38
2	2·50	2·63	2·75	2·88	3·00	3·13	3·25	3·38	3·50	3·63
3	3·75	3·88	4·00	4·13	4·25	4·38	4·50	4·63	4·75	4·88
4	5·00	5·13	5·25	5·38	5·50	5·63	5·75	5·88	6·00	6·13
5	6·25	6·38	6·50	6·63	6·75	6·88	7·00	7·13	7·25	7·38
6	7·50	7·63	7·75	7·88	8·00	8·13	8·25	8·38	8·50	8·63
7	8·75	8·88	9·00	9·13	9·25	9·38	9·50	9·63	9·75	9·88
8	10·00	10·13	10·25	10·38	10·50	10·63	10·75	10·88	11·00	11·13
9	11·25	11·38	11·50	11·63	11·75	11·88	12·00	12·13	12·25	12·38
10	12·50	12·63	12·75	12·88	13·00	13·13	13·25	13·38	13·50	13·63
11	13·75	13·88	14·00	14·13	14·25	14·38	14·50	14·63	14·75	14·88
12	15·00	15·13	15·25	15·38	15·50	15·63	15·75	15·88	16·00	16·13
13	16·25	16·38	16·50	16·63	16·75	16·88	17·00	17·13	17·25	17·38
14	17·50	17·63	17·75	17·88	18·00	18·13	18·25	18·38	18·50	18·63
15	18·75	18·88	19·00	19·13	19·25	19·38	19·50	19·63	19·75	19·88
16	20·00	20·13	20·25	20·38	20·50	20·63	20·75	20·88	21·00	21·13
17	21·25	21·38	21·50	21·63	21·75	21·88	22·00	22·13	22·25	22·38
18	22·50	22·63	22·75	22·88	23·00	23·13	23·25	23·38	23·50	23·63
19	23·75	23·88	24·00	24·13	24·25	24·38	24·50	24·63	24·75	24·88
20	25·00	25·13	25·25	25·38	25·50	25·63	25·75	25·88	26·00	26·13
21	26·25	26·38	26·50	26·63	26·75	26·88	27·00	27·13	27·25	27·38
22	27·50	27·63	27·75	27·88	28·00	28·13	28·25	28·38	28·50	28·63
23	28·75	28·88	29·00	29·13	29·25	29·38	29·50	29·63	29·75	29·88
24	30·00	30·13	30·25	30·38	30·50	30·63	30·75	30·88	31·00	31·13
25	31·25	31·38	31·50	31·63	31·75	31·88	32·00	32·13	32·25	32·38
26	32·50	32·63	32·75	32·88	33·00	33·13	33·25	33·38	33·50	33·63
27	33·75	33·88	34·00	34·13	34·25	34·38	34·50	34·63	34·75	34·88
28	35·00	35·13	35·25	35·38	35·50	35·63	35·75	35·88	36·00	36·13
29	36·25	36·38	36·50	36·63	36·75	36·88	37·00	37·13	37·25	37·38
30	37·50	37·63	37·75	37·88	38·00	38·13	38·25	38·38	38·50	38·63
31	38·75	38·88	39·00	39·13	39·25	39·38	39·50	39·63	39·75	39·88
32	40·00	40·13	40·25	40·38	40·50	40·63	40·75	40·88	41·00	41·13
33	41·25	41·38	41·50	41·63	41·75	41·88	42·00	42·13	42·25	42·38
34	42·50	42·63	42·75	42·88	43·00	43·13	43·25	43·38	43·50	43·63
35	43·75	43·88	44·00	44·13	44·25	44·38	44·50	44·63	44·75	44·88
36	45·00	45·13	45·25	45·38	45·50	45·63	45·75	45·88	46·00	46·13
37	46·25	46·38	46·50	46·63	46·75	46·88	47·00	47·13	47·25	47·38
38	47·50	47·63	47·75	47·88	48·00	48·13	48·25	48·38	48·50	48·63
39	48·75	48·88	49·00	49·13	49·25	49·38	49·50	49·63	49·75	49·88
40	50·00	50·13	50·25	50·38	50·50	50·63	50·75	50·88	51·00	51·13

Tab. III. Verwandlung von Graden Fahrenheit in Celsiusgrade.

Fahrenheit	Celsius	Fahrenheit	Celsius	Fahrenheit	Celsius	Fahrenheit	Celsius	Fahrenheit	Celsius	Fahrenheit	Celsius
−10	−23.33	+16.0	−8.89	+33.0	+0.56	+50.0	+10.00	+67.0	+19.44	+84.0	+28.89
− 5	−20.56	16.5	−8.61	33.5	0.83	50.5	10.28	67.5	19.72	84.5	29.17
± 0	−17.78	17.0	−8.33	34.0	1.11	51.0	10.56	68.0	20.00	85.0	29.44
+ 0.5	−17.50	17.5	−8.06	34.5	1.39	51.5	10.83	68.5	20.28	85.5	29.72
+ 1.0	−17.22	18.0	−7.78	35.0	1.67	52.0	11.11	69.0	20.56	86.0	30.00
1.5	−16.94	18.5	−7.50	35.5	1.94	52.5	11.39	69.5	20.83	86.5	30.28
2.0	−16.67	19.0	−7.22	36.0	2.22	53.0	11.67	70.0	21.11	87.0	30.56
2.5	−16.39	19.5	−6.94	36.5	2.50	53.5	11.94	70.5	21.39	87.5	30.83
3.0	−16.11	20.0	−6.67	37.0	2.78	54.0	12.22	71.0	21.67	88.0	31.11
3.5	−15.83	20.5	−6.39	37.5	3.06	54.5	12.50	71.5	21.94	88.5	31.39
4.0	−15.56	21.0	−6.11	38.0	3.33	55.0	12.78	72.0	22.22	89.0	31.67
4.5	−15.28	21.5	−5.83	38.5	3.61	55.5	13.06	72.5	22.50	89.5	31.94
5.0	−15.00	22.0	−5.56	39.0	3.89	56.0	13.33	73.0	22.78	90.0	32.22
5.5	−14.72	22.5	−5.28	39.5	4.17	56.5	13.61	73.5	23.06	90.5	32.50
6.0	−14.44	23.0	−5.00	40.0	4.44	57.0	13.89	74.0	23.33	91.0	32.78
6.5	−14.17	23.5	−4.72	40.5	4.72	57.5	14.17	74.5	23.61	91.5	33.06
7.0	−13.89	24.0	−4.44	41.0	5.00	58.0	14.44	75.0	23.89	92.0	33.33
7.5	−13.61	24.5	−4.17	41.5	5.28	58.5	14.72	75.5	24.17	92.5	33.61
8.0	−13.33	25.0	−3.89	42.0	5.56	59.0	15.00	76.0	24.44	93.0	33.89
8.5	−13.06	25.5	−3.61	42.5	5.83	59.5	15.28	76.5	24.72	93.5	34.17
9.0	−12.78	26.0	−3.33	43.0	6.11	60.0	15.56	77.0	25.00	94.0	34.44
9.5	−12.50	26.5	−3.06	43.5	6.39	60.5	15.83	77.5	25.28	94.5	34.72
10.0	−12.22	27.0	−2.78	44.0	6.67	61.0	16.11	78.0	25.56	95.0	35.00
10.5	−11.94	27.5	−2.50	44.5	6.94	61.5	16.39	78.5	25.83	95.5	35.28
11.0	−11.67	28.0	−2.22	45.0	7.22	62.0	16.67	79.0	26.11	96.0	35.56
11.5	−11.39	28.5	−1.94	45.5	7.50	62.5	16.94	79.5	26.39	96.5	35.83
12.0	−11.11	29.0	−1.67	46.0	7.78	63.0	17.22	80.0	26.67	97.0	36.11
12.5	−10.83	29.5	−1.39	46.5	8.06	63.5	17.50	80.5	26.94	97.5	36.39
13.0	−10.56	30.0	−1.11	47.0	8.33	64.0	17.78	81.0	27.22	98.0	36.67
13.5	−10.28	30.5	−0.83	47.5	8.61	64.5	18.06	81.5	27.50	98.5	36.94
14.0	−10.00	31.0	−0.56	48.0	8.89	65.0	18.33	82.0	27.78	99.0	37.22
14.5	− 9.72	31.5	−0.28	48.5	9.17	65.5	18.61	82.5	28.06	99.5	37.50
15.0	− 9.44	32.0	±0.00	49.0	9.44	66.0	18.39	83.0	28.33	100.0	37.78
15.5	− 9.17	32.5	+0.28	49.5	9.72	66.5	19.17	83.5	28.61		

Tabelle IV. Reduction der in Millimetern ausgedrückten Barometerstände auf 0°.

Abgelesene Temperatur	Abgelesener Barometerstand.									
	700mm	710mm	720mm	730mm	740mm	750mm	760mm	770mm	780mm	790mm
−10°	+1·1	+1·2	+1·2	+1·2	+1·2	+1·2	+1·2	+1·3	+1·3	+1·3
− 9	+1·0	+1·0	+1·1	+1·1	+1·1	+1·1	+1·1	+1·1	+1·1	+1·2
− 8	+0·9	+0·9	+0·9	+1·0	+1·0	+1·0	+1·0	+1·0	+1·0	+1·0
− 7	+0·8	+0·8	+0·8	+0·8	+0·8	+0·9	+0·9	+0·9	+0·9	+0·9
− 6	+0·7	+0·7	+0·7	+0·7	+0·7	+0·7	+0·7	+0·8	+0·8	+0·8
− 5	+0·6	+0·6	+0·6	+0·6	+0·6	+0·6	+0·6	+0·6	+0·6	+0·6
− 4	+0·5	+0·5	+0·5	+0·5	+0·5	+0·5	+0·5	+0·5	+0·5	+0·5
− 3	+0·3	+0·3	+0·4	+0·4	+0·4	+0·4	+0·4	+0·4	+0·4	+0·4
− 2	+0·2	+0·2	+0·2	+0·2	+0·2	+0·2	+0·2	+0·3	+0·3	+0·3
− 1	+0·1	+0·1	+0·1	+0·1	+0·1	+0·1	+0·1	+0·1	+0·1	+0·1
0	0·0	0·0	0·0	0·0	0·0	0·0	0·0	0·0	0·0	0·0
+ 1	−0·1	−0·1	−0·1	−0·1	−0·1	−0·1	−0·1	−0·1	−0·1	−0·1
2	0·2	−0·2	−0·2	−0·2	−0·2	−0·2	−0·2	−0·3	−0·3	−0·3
3	−0·3	−0·3	−0·4	−0·4	−0·4	−0·4	−0·4	−0·4	−0·4	−0·4
4	−0·5	−0·5	−0·5	−0·5	0·5	−0·5	−0·5	−0·5	−0·5	−0·5
5	−0·6	−0·6	−0·6	−0·6	−0·6	−0·6	−0·6	−0·6	−0·6	−0·6
6	−0·7	−0·7	−0·7	−0·7	−0·7	−0·7	−0·7	−0·8	−0·8	−0·8
7	−0·8	0·8	−0·8	0·8	−0·8	−0·9	−0·9	−0·9	−0·9	−0·9
8	−0·9	−0·9	−0·9	−1·0	−1·0	−1·0	−1·0	−1·0	−1·0	1·0
9	−1·0	−1·0	−1·1	−1·1	−1·1	−1·1	−1·1	−1·1	−1·1	−1·2
10	−1·1	−1·2	−1·2	−1·2	−1·2	−1·2	−1·2	−1·3	−1·3	−1·3
11	−1·3	−1·3	−1·3	−1·3	−1·3	−1·3	−1·4	−1·4	−1·4	−1·4
12	−1·4	−1·4	−1·4	−1·4	−1·5	−1·5	−1·5	−1·5	−1·5	−1·5
13	−1·5	−1·5	−1·5	−1·5	−1·6	−1·6	−1·6	−1·6	−1·7	−1·7
14	−1·6	−1·6	−1·6	−1·7	−1·7	−1·7	−1·7	−1·8	−1·8	−1·8
15	−1·7	−1·7	−1·8	−1·8	−1·8	−1·8	−1·9	−1·9	−1·9	−1·9
16	−1·8	−1·9	−1·9	−1·9	−1·9	−2·0	−2·0	−2·0	−2·0	−2·1
17	−1·9	−2·0	−2·0	−2·0	−2·1	−2·1	−2·1	−2·1	−2·2	−2·2
18	−2·1	−2·1	−2·1	−2·1	−2·2	−2·2	−2·2	−2·3	−2·3	−2·3
19	−2·2	−2·2	−2·2	−2·3	−2·3	−2·3	−2·4	−2·4	−2·4	−2·5
20	−2·3	−2·3	−2·4	−2·4	−2·4	−2·5	−2·5	−2·5	−2·5	−2·6
21	−2·4	−2·4	−2·5	−2·5	−2·5	−2·6	−2·6	−2·6	−2·7	−2·7
22	−2·5	−2·6	−2·6	−2·6	−2·7	−2·7	−2·7	−2·8	−2·8	−2·8
23	−2·6	−2·7	−2·7	−2·7	−2·8	−2·8	−2·9	−2·9	−2·9	−3·0
24	−2·7	−2·8	−2·8	−2·9	−2·9	−2·9	−3·0	−3·0	−3·1	−3·1
25	−2·9	−2·9	−2·9	−3·0	−3·0	−3·1	−3·1	−3·1	−3·2	−3·2
26	−3·0	−3·0	−3·1	−3·1	−3·1	−3·2	−3·2	−3·3	−3·3	−3·4
27	−3·1	−3·1	−3·2	−3·2	−3·3	−3·3	−3·4	−3·4	−3·4	−3·5
28	−3·2	−3·3	−3·3	−3·3	−3·4	−3·4	−3·5	−3·5	−3·6	−3·6
29	−3·3	−3·4	−3·4	−3·5	−3·5	−3·6	−3·6	−3·7	−3·7	−3·7
30	−3·4	−3·5	−3·5	−3·6	−3·6	−3·7	−3·7	−3·8	−3·8	−3·9
31	−3·5	−3·6	−3·7	−3·7	−3·8	−3·8	−3·9	−3·9	−4·0	−4·0
32	−3·7	−3·7	−3·8	−3·8	−3·9	−3·9	−4·0	−4·0	−4·1	−4·1
33	−3·8	−3·8	−3·9	−3·9	−4·0	−4·0	−4·1	−4·2	−4·2	−4·3
34	−3·9	−3·9	−4·0	−4·1	−4·1	−4·2	−4·2	−4·3	−4·3	−4·4
35	−4·0	−4·1	−4·1	−4·2	−4·2	−4·3	−4·4	−4·4	−4·5	−4·5

Tab. V. Höhentafel.

Barometerstand in Millimeter, genäherte Seehöhe in Meter.

Millim.	Meter	Millim.	Meter	Millim.	Meter	Millim.	Meter	Millim.	Meter
561	2445·6	606	1829·2	651	1257·1	696	723·3	741	223·1
562	2431·4	607	1816·0	652	1244·8	697	711·9	742	212·3
563	2417·2	608	1802·9	653	1232·6	698	700·4	743	201·6
564	2403·0	609	1789·8	654	1220·4	699	689·0	744	190·8
565	2388·8	610	1776·7	655	1208·2	700	677·6	745	180·1
566	2374·7	611	1763·6	656	1196·0	701	666·2	746	169·4
567	2360·6	612	1750·5	657	1183·8	702	654·8	747	158·7
568	2346·5	613	1737·5	658	1171·7	703	643·4	748	148·0
569	2332·5	614	1724·4	659	1159·5	704	632·1	749	137·4
570	2318·4	615	1711·4	660	1147·4	705	620·7	750	126·7
571	2304·4	616	1698·5	661	1135·3	706	609·4	751	116·1
572	2290·4	617	1685·5	662	1123·3	707	598·1	752	105·5
573	2276·5	618	1672·6	663	1111·3	708	586·8	753	94·9
574	2262·6	619	1659·7	664	1099·2	709	575·6	754	84·3
575	2248·7	620	1646·8	665	1087·2	710	564·3	755	73·7
576	2234·8	621	1633·9	666	1075·2	711	553·1	756	63·1
577	2220·9	622	1621·0	667	1063·2	712	541·8	757	52·6
578	2207·1	623	1608·2	668	1051·2	713	530·6	758	42·0
579	2193·3	624	1595·4	669	1039·3	714	519·5	759	31·5
580	2179·5	625	1582·6	670	1027·3	715	508·3	760	21·0
581	2165·7	626	1569·8	671	1015·4	716	497·1	761	10·5
582	2152·0	627	1557·1	672	1003·5	717	486·0	762	0·0
583	2138·3	628	1544·4	673	991·7	718	474·8	763	— 10·5
584	2124·6	629	1531·7	674	979·8	719	463·7	764	— 20·9
585	2110·9	630	1519·0	675	968·0	720	452·6	765	— 31·4
586	2097·3	631	1506·3	676	956·1	721	441·6	766	— 41·8
587	2083·7	632	1493·7	677	944·3	722	430·5	767	— 52·2
588	2070·1	633	1481·0	678	932·6	723	419·4	768	— 62·6
589	2056·5	634	1468·4	679	920·8	724	408·4	769	— 73·0
590	2042·9	635	1455·8	680	909·0	725	397·4	770	— 83·4
591	2029·4	636	1443·3	681	897·3	726	386·4	771	— 93·7
592	2015·9	637	1430·7	682	885·6	727	375·4	772	—104·1
593	2002·4	638	1418·2	683	873·9	728	364·4	773	—114·4
594	1989·0	639	1405·7	684	862·2	729	353·5	774	—124·7
595	1975·5	640	1393·2	685	850·5	730	342·5	775	—135·0
596	1962·1	641	1380·7	686	838·9	731	331·6	776	—145·3
597	1948·7	642	1368·3	687	827·3	732	320·7	777	—155·6
598	1935·4	643	1355·8	688	815·6	733	309·8	778	—165·9
599	1922·0	644	1343·4	689	804·0	734	298·9	779	—176·1
600	1908·7	645	1331·0	690	792·5	735	288·0	780	—186·4
601	1895·4	646	1318·7	691	780·9	736	277·2		
602	1882·1	647	1306·3	692	769·3	737	266·3		
603	1868·8	648	1294·0	693	757·8	738	255·5		
604	1855·6	649	1281·7	694	746·3	739	244·7		
605	1842·4	650	1269·4	695	734·8	740	233·9		

An dem mittelst vorstehender Tabelle gefundenen Werthe für die genäherte Seehöhe A' ist dann noch die Temperaturcorrection anzubringen; diese ist gegeben durch die Formel $\quad = 0.002\,(t + t')\,(A' - A)$, wo A die Höhe der unteren Station, t und t' die Temperaturen beider Stationen bedeutet.

Tabelle VI. Höhe einer Luftsäule, deren Druck einer Quecksilbersäule von 1 Millimeter Höhe das Gleichgewicht hält (in Metern).

Luft-druck.	Temperatur der Luft — Celsius.							
Millim.	30°	28°	26°	24°	22°	20°	18°	16°
780	11·48	11·40	11·31	11·23	11·14	11·06	10·97	10·89
770	11·63	11·55	11·46	11·38	11·29	11·21	11·12	11·04
760	11·78	11·70	11·61	11·53	11·44	11·36	11·27	11·19
750	11·94	11·85	11·77	11·68	11·60	11·51	11·43	11·34
740	12·10	12·01	11·93	11·84	11·75	11·67	11·58	11·49
730	12·25	12·17	12·08	11·99	11·80	11·82	11·73	11·64
720	12·43	12·35	12·26	12·17	12·08	11·99	11·90	11·81
710	12·61	12·52	12·43	12·34	12·25	12·16	12·07	11·98
700	12·79	12·70	12·61	12·51	12·42	12·33	12·24	12·15
690	12·98	12·88	12·79	12·70	12·61	12·51	12·42	12·33
680	13·16	13·07	12·98	12·88	12·79	12·69	12·60	12·51
670	13·37	13·27	13·18	13·08	12·99	12·89	12·79	12·70
Millim.	14°	12°	10°	8°	6°	4°	2°	0°
780	10·82	10·74	10·66	10·57	10·49	10·41	10·32	10·24
770	10·96	10·88	10·80	10·71	10·63	10·55	10·46	10·38
760	11·11	11·02	10·94	10·85	10·77	10·69	10·60	10·52
750	11·25	11·17	11·08	11·00	10·91	10·83	10·74	10·66
740	11·41	11·32	11·23	11·15	11·06	10·97	10·89	10·80
730	11·55	11·47	11·38	11·29	11·20	11·12	11·03	10·94
720	11·72	11·63	11·55	11·46	11·37	11·28	11·19	11·10
710	11·89	11·80	11·71	11·62	11·53	11·44	11·35	11·26
700	12·06	11·97	11·87	11·78	11·69	11·60	11·51	11·42
690	12·23	12·14	12·05	11·96	11·86	11·77	11·68	11·59
680	12·41	12·32	12·22	12·13	12·04	11·94	11·85	11·75
670	12·60	12·51	12·41	12·32	12·22	12·13	12·03	11·93
Millim.	0°	−2°	−4°	−6°	−8°	−10°	−12°	−14°
780	10·24	10·16	10·07	9·99	9·91	9·82	9·74	9·66
770	10·38	10·30	10·21	10·13	10·05	9·96	9·88	9·80
760	10·52	10·44	10·35	10·28	10·20	10·11	10·03	9·94
750	10·66	10·58	10·49	10·41	10·32	10·24	10·15	10·07
740	10·80	10·71	10·63	10·54	10·45	10·37	10·28	10·19
730	10·94	10·85	10·76	10·68	10·59	10·50	10·41	10·33
720	11·10	11·01	10·92	10·83	10·74	10·65	10·57	10·48
710	11·26	11·17	11·08	10·99	10·90	10·81	10·72	10·63
700	11·42	11·33	11·24	11·15	11·06	10·97	10·87	10·78
690	11·59	11·50	11·41	11·32	11·22	11·13	11·04	10·95
680	11·75	11·65	11·56	11·46	11·37	11·28	11·18	11·09
670	11·93	11·83	11·73	11·64	11·54	11·45	11·35	11·26

Tab. VII. a) Verwandlung der in Pariser Linien ausgedrückten Barometerstände in Millimeter.

Pariser Linien	·0	·1	·2	·3	·4	·5	·6	·7	·8	·9
326	735·40	735·63	735·85	736·08	736·30	736·53	736·75	736·98	737·20	737·43
327	737·66	737·88	738·11	738·33	738·56	738·78	739·01	739·24	739·46	739·69
328	739·91	740·14	740·36	740·59	740·81	741·04	741·27	741·49	741·72	741·94
329	742·17	742·39	742·62	742·84	743·07	743·30	743·52	743·75	743·97	744·20
330	744·42	744·65	744·87	745·10	745·33	745·55	745·78	746·00	746·23	746·55
331	746·68	746·90	747·13	747·36	747·58	747·81	748·03	748·26	748·48	748·71
332	748·94	749·16	749·39	749·61	749·84	750·06	750·29	750·51	750·74	750·97
333	751·19	751·42	751·64	751·87	752·09	752·32	752·54	752·77	753·00	753·22
334	753·45	753·67	753.90	754·12	754·35	754·57	754·80	755·03	755·25	755·48
335	755·70	755·93	756·15	756·38	756·61	756·83	757·06	757·28	757·51	757·73
336	757·96	758·18	758·41	758·64	758·86	759·09	759·31	759·54	759·76	759·99
337	760·21	760·44	760·67	760·89	761·12	761·34	761·57	761·79	762·02	762·24
338	762·47	762·70	762·92	763·15	763·37	763·60	763·82	764·05	764·27	764·70
339	764·73	764·95	765·18	765·40	765·63	765·85	766·08	766·31	760·53	766·76
340	766·98	767·21	767·43	767·66	767·88	768·11	768·34	768·56	768·79	769·01
341	769·24	769·46	769·69	769·91	770·14	770·37	770·59	770·82	771·04	771·27
342	771·49	771·72	771·94	772·17	772·40	772·62	772·85	773·07	773·30	773·52
343	773·75	773·97	774·20	774·43	774.65	774·88	775·10	775.33	775·55	775·78
344	776·01	776·23	776·46	776·68	776·91	777·13	777·36	777·58	777·81	778·04
345	778·26	778·49	778·71	778·94	779·16	779·39	779·61	779·84	780·07	780·29

b) Verwandlung der in englischen Zollen ausgedrückten Barometerständen in Millimeter.

Engl. Zolle	0·00	0·01	0·02	0·03	0·04	0·05	0·06	0·07	0·08	0·09
29·1	739·13	739·38	739·63	739·89	740·14	740·40	740·65	740·90	741·16	741·41
29·2	741·67	741·92	742·17	742·43	742·68	742·94	743·19	743·44	743·70	743·95
29·3	744·21	744·46	744·71	744·97	745·22	745·48	745·73	745·98	746·24	746·49
29·4	746·75	747·00	747·25	747·51	747·76	748·02	748·27	748·52	748·78	749·03
29·5	749·29	749·54	749·79	750·05	750·30	750·56	750·81	751·06	751·32	751·57
29·6	751·83	752·08	752·33	752·59	752·84	753·10	753·35	753·60	753·86	754·11
29·7	754·37	754·62	754·87	755·13	755·38	755·64	755·89	756·14	756·40	756·65
29·8	756·91	757·16	757·41	757·67	757·92	758·18	758·43	758·68	758·94	769·19
29·9	759·45	759·70	759·95	760·21	760·46	760·72	760·97	761·22	761·48	761·73
30·0	761·99	762·24	762·49	762·75	763·00	763·26	763·51	763·76	764·02	764·27
30·1	764·53	764·78	765·03	765·29	765·54	765·80	766·05	766·30	766·56	766·81
30·2	767·07	767·32	767·57	767·83	768·08	768.34	768·59	763·84	769·10	769·35
30·3	769·61	769·86	770·11	770·37	770·62	770·88	771·13	771·38	771·64	771·89
30·4	772·15	772·40	772·65	772·91	773·16	773·42	773·67	773·92	774·18	774.43
30·5	774·69	774·94	775·19	775·45	775·70	775·96	776·21	776·46	776·72	776·97
30·6	777·23	777·48	777·73	777·99	778·24	778·50	778·75	779·00	779·26	779·51
30·7	779·77	780·02	780·27	780·53	780·78	781·04	781·29	781·54	781·80	782·05
30·8	782·31	782·56	782·81	783·07	783·32	783·58	783·83	784·08	784·34	784·59

Tabelle VIII. Psychrometertafel
(nach ganzen Graden).

Feuchtes Therm. °C.	Differenz der beiden Thermometer: 0° Dunstdruck. mm	0° Rel. Feucht. pCt.	0° Thaupunkt. °C.	1° Dunstdruck. mm	1° Rel. Feucht. pCt.	1° Thaupunkt. °C.	2° Dunstdruck. mm	2° Rel. Feucht. pCt.	2° Thaupunkt. °C.
24	22·2	100	24·0	21·6	92	23·5	21·0	84	23·0
23	20·9	100	23·0	20·3	91	22·5	19·7	83	22·0
22	19·7	100	22·0	19·0	91	21·5	18·4	83	20·9
21	18·5	100	21·0	17·9	91	20·4	17·3	83	19·9
20	17·4	100	20·0	16·8	91	19·4	16·2	82	18·2
19	16·4	100	19·0	15·7	91	18·4	15·1	82	17·8
18	15·4	100	18·0	14·8	90	17·4	14·1	81	16·7
17	14·4	100	17·0	13·8	90	16·3	13·2	81	15·6
16	13·5	100	16·0	12·9	90	15·3	12·3	80	14·5
15	12·7	100	15·0	12·1	89	14·2	11·5	80	13·4
14	11·9	100	14·0	11·3	89	13·2	10·7	79	12·3
13	11·2	100	13·0	10·6	89	12·1	10·0	78	11·2
12	10·5	100	12·0	9·9	88	11·1	9·3	78	10·1
11	9·8	100	11·0	9·2	88	10·0	8·6	77	9·0
10	9·2	100	10·0	8·6	87	9·0	8·0	76	7·9
9	8·6	100	9·0	8·0	86	7·9	7·4	75	6·8
8	8·0	100	8·0	7·4	86	6·9	6·8	74	5·6
7	7·5	100	7·0	6·9	86	5·8	6·3	73	4·5
6	7·0	100	6·0	6·4	85	4·7	5·8	72	3·3
5	6·5	100	5·0	5·9	85	3·6	5·3	71	2·1
4	6·1	100	4·0	5·5	84	2·5	4·9	70	0·9
3	5·7	100	3·0	5·1	83	1·5	4·5	69	— 0·3
2	5·3	100	2·0	4·7	83	0·3	4·1	67	— 1·5
1	4·9	100	1·0	4·4	82	— 0·7	3·8	66	— 2·7
0	4·6	100	0·0	4·0	81	— 1·8	3·4	64	— 3·9
— 0	4·6	100	0·0	4·1	82	— 1·7	3·5	67	— 3·5
— 1	4·3	100	— 1·0	3·7	81	— 2·8	3·2	65	— 4·6
— 2	4·0	100	— 2·0	3·4	80	— 3·8	2·9	63	— 5·9
— 3	3·7	100	— 3·0	3·1	79	— 5·0	2·6	61	— 7·3
— 4	3·4	100	— 4·0	2·9	78	— 6·1	2·3	59	— 8·6
— 5	3·1	100	— 5·0	2·6	77	— 7·3	2·1	57	— 9·9
— 6	2·9	100	— 6·0	2·4	76	— 8·4	1·9	55	—11·4
— 7	2·7	100	— 7·0	2·2	74	— 9·6	1·6	52	—13·0
— 8	2·5	100	— 8·0	1·9	73	—10·9	1·4	49	—14·7
— 9	2·3	100	— 9·0	1·7	71	—12·2	1·2	46	—16·5
—10	2·1	100	—10·0	1·6	69	—13·6	1·0	42	—18·5

Tabelle VIII. Psychrometertafel
(nach ganzen Graden).

Feuchtes Therm. °C.	Differenz der beiden Thermometer: 3° Dunstdruck. mm	3° Rel. Feucht. pCt.	3° Thaupunkt. °C	4° Dunstdruck. mm	4° Rel. Feucht. pCt.	4° Thaupunkt. °C.	5° Dunstdruck. mm	5° Rel. Feucht. pCt.	5° Thaupunkt. °C.
24	20·3	77	22·6	19·7	70	22·0	19·1	64	21·5
23	19·0	76	21·5	18·4	69	20·9	17·8	63	20·4
22	17·8	76	20·4	17·2	69	19·8	16·6	63	19·2
21	16·7	75	19·3	16·0	68	18·7	15·4	62	18·1
20	15·6	74	18·2	14·9	67	17·6	14·3	61	16·9
19	14·5	74	17·1	13·9	66	16·5	13·3	60	15·7
18	13·5	73	16·0	12·9	66	15·2	12·3	59	14·5
17	12·6	72	14·9	12·0	65	14·1	11·4	58	13·3
16	11·7	72	13·7	11·1	64	12·9	10·5	57	12·1
15	10·9	71	12·6	10·3	63	11·7	9·7	55	10·8
14	10·1	70	11·4	9·5	62	10·5	8·9	54	9·5
13	9·3	69	10·3	8·7	61	9·3	8·1	53	8·2
12	8·6	68	9·1	8·0	59	8·0	7·4	52	6·9
11	8·0	67	7·9	7·4	58	6·8	6·8	50	5·5
10	7·4	66	6·7	6·8	57	5·5	6·2	48	4·1
9	6·8	65	5·5	6·2	55	4·1	5·6	47	2·7
8	6·2	63	4·2	5·6	54	2·8	5·0	45	1·2
7	5·7	62	3·0	5·1	52	1·5	4·5	43	− 0·3
6	5·2	61	1·7	4·6	50	0·0	4·0	41	− 1·9
5	4·7	59	0·4	4·1	48	− 1·4	3·5	39	− 3·4
4	4·3	57	− 0·9	3·7	46	− 2·8	3·1	36	− 5·1
3	3·9	56	− 2·2	3·3	44	− 4·3	2·7	34	− 6·8
2	3·5	54	− 3·5	2·9	42	− 5·9	2·3	31	− 8·7
1	3·2	52	− 4·9	2·6	39	− 7·5	2·0	28	−10·7
0	2·8	50	− 6·3	2·2	36	− 9·2	1·6	25	−13·0
− 0	3·0	53	− 5·5	2·5	40	− 7·8	2·0	30	−10·5
− 1	2·7	51	− 6·9	2·2	38	− 9·5	1·6	27	−12·9
− 2	2·4	48	− 8·4	1·9	35	−11·4	1·3	23	−15·5
− 3	2·1	45	− 9·9	1·6	32	−13·5	1·0	19	−18·4
− 4	1·8	43	−11·6	1·3	28	−15·8	0·8	15	−21·7
− 5	1·6	40	−13·5	1·0	24	−18·5			
− 6	1·3	36	−15·5	0·8	20	−21·4			
− 7	1·1	32	−17·7	0·6	16	−25·0			
− 8	0·9	28	−20·2	0·4	11	−29·8			
− 9	0·7	24	−23·1	0·2	6				
−10	0·5	20	−26·4						

Tabelle VIII. Psychrometertafel
(nach ganzen Graden).

Feuchtes Therm. °C.	Differenz der beiden Thermometer: 6° Dunstdruck. mm	6° Rel. Feucht. pCt.	6° Thaupunkt. °C.	7° Dunstdruck. mm	7° Rel. Feucht. pCt.	7° Thaupunkt. °C.	8° Dunstdruck. mm	8° Rel. Feucht. pCt.	8° Thaupunkt. °C.
27	22·8	61	24·4						
26	21·3	60	23·3	20·6	55	22·8			
25	19·8	59	22·1	19·2	54	21·6	18·6	50	21·1
24	18·5	59	21·0	17·9	53	20·4	17·2	49	19·9
23	17·2	58	19·8	16·6	53	19·2	16·0	48	18·6
22	16·0	57	18·6	15·4	52	18·0	14·7	47	17·3
21	14·8	56	17·5	14·2	51	16·7	13·6	46	16·0
20	13·7	55	16·2	13·1	49	15·5	12·5	44	14·7
19	12·7	54	14·9	12·1	48	14·2	11·4	43	13·4
18	11·7	53	13·7	11·1	47	12·9	10·5	42	12·0
17	10·8	52	12·5	10·1	46	11·5	9·5	40	10·6
16	9·9	50	11·1	9·3	44	10·2	8·7	39	9·2
15	9·1	49	9·8	8·4	43	8·8	7·8	37	7·7
14	8·3	47	8·4	7·7	41	7·3	7·0	36	6·1
13	7·5	46	7·1	6·9	40	5·8	6·3	34	4·5
12	6·8	44	5·6	6·2	38	4·3	5·6	32	2·8
11	6·2	43	4·1	5·6	36	2·7	5·0	30	1·0
10	5·5	41	2·6	4·9	34	1·0	4·3	28	— 0·8
9	5·0	39	1·1	4·4	32	— 0·7	3·8	26	2·7
8	4·4	37	— 0·6	3·8	30	— 2·5	3·2	24	4·7
7	3·9	35	— 2·2	3·3	28	— 4·4	2·7	21	6·9
6	3·4	33	— 4·0	2·8	25	— 6·4	2·2	18	9·3
5	2·9	30	— 5·8	2·3	22	— 8·6	1·7	16	12·2
4	2·5	28	— 7·7	1·9	19	—11·0	1·3	13	—15·7
3	2·1	25	— 9·8	1·5	16	—13·9	0·9	9	—20·0
2	1·7	22	—12·3	1·1	13	—17·5	0·5	6	—26·2
1	1·4	18	—15·1	0·8	10	—21·8	0·2	2	
0	1·0	15	—18·5	0·4	6	—28·0			
—0	1·4	20	—15·1	0·9	12				
—1	1·1	17	—17·5						
—2	0·8	13	—21·5						

Tabelle IX. Psychrometertafel

(nach Zehntelgraden abgekürzt).

a) Spannungstafel.

Celsius	0·0	0·1	0·2	0·3	0·4	0·5	0·6	0·7	0·8	0·9	Corrections-Factor
— 9	2·27	2·25	2·23	2·21	2·19	2·18	2·16	2·14	2·13	2·11	+0·007
— 8	2·45	2·43	2·41	2·39	2·38	2·36	2·34	2·32	2·30	2·28	+0·006
— 7	2·65	2·63	2·61	2·59	2·57	2·55	2·53	2·51	2·49	2·47	+0·005
— 6	2·87	2·85	2·83	2·81	2·78	2·76	2·74	2·72	2·70	2·68	+0·005
— 5	3·11	3·08	3·06	3·04	3·01	2·99	2·96	2·94	2·92	2·90	+0·004
— 4	3·36	3·34	3·31	3·28	3·26	3·23	3·21	3·18	3·16	3·13	+0·003
— 3	3·64	3·61	3·58	3·55	3·53	3·50	3·47	3·44	3·42	3·39	+0·002
— 2	3·93	3·90	3·87	3·84	3·81	3·78	3·75	3·72	3·69	3·67	+0·002
— 1	4·25	4·22	4·19	4·16	4·12	4·09	4·06	4·03	4·00	3·96	+0·001
— 0	4·60	4·56	4·53	4·49	4·46	4·42	4·39	4·36	4·32	4·29	0·000
+ 0	4·60	4·63	4·67	4·70	4·73	4·77	4·80	4·84	4·87	4·91	0·000
+ 1	4·94	4·98	5·01	5·05	5·08	5·12	5·16	5·19	5·23	5·27	—0·001
+ 2	5·30	5·34	5·38	5·42	5·45	5·49	5·53	5·57	5·61	5·65	—0·002
+ 3	5·69	5·73	5·77	5·81	5·85	5·89	5·93	5·97	6·01	6·06	—0·003
+ 4	6·10	6·14	6·18	6·23	6·27	6·31	6·36	6·40	6·45	6·49	—0·004
+ 5	6·53	6·58	6·63	6·67	6·72	6·76	6·81	6·86	6·90	6·95	—0·005
+ 6	7·00	7·05	7·10	7·14	7·19	7·24	7·29	7·34	7·39	7·44	—0·006
+ 7	7·49	7·54	7·60	7·65	7·70	7·75	7·80	7·86	7·91	7·96	—0·007
+ 8	8·02	8·07	8·13	8·18	8·24	8·29	8·35	8·40	8·46	8·52	—0·008
+ 9	8·57	8·63	8·69	8·75	8·81	8·87	8·93	8·99	9·05	9·11	—0·009
+10	9·17	9·23	9·29	9·35	9·41	9·47	9·54	9·60	9·67	9·73	—0·010
+11	9·79	9·86	9·92	9·99	10·05	10·12	10·19	10·26	10·32	10·39	—0·011
+12	10·46	10·53	10·60	10·67	10·73	10·80	10·88	10·95	11·02	11·09	—0·012
+13	11·16	11·24	11·31	11·38	11·46	11·53	11·61	11·68	11·76	11·83	—0·013
+14	11·91	11·99	12·06	12·14	12·22	12·30	12·38	12·46	12·54	12·62	—0·014
+15	12·70	12·78	12·86	12·95	13·03	13·11	13·20	13·28	13·37	13·45	—0·015
+16	13·54	13·62	13·71	13·80	13·89	13·97	14·06	14·15	14·24	14·33	—0·016
+17	14·42	14·51	14·61	14·70	14·79	14·88	14·98	15·07	15·17	15·26	—0·017
+18	15·36	15·45	15·55	15·65	15·75	15·85	15·95	16·05	16·15	16·25	—0·018
+19	16·35	16·45	16·55	16·66	16·76	16·86	16·96	17·07	17·18	17·29	—0·019
+20	17·39	17·50	17·61	17·72	17·83	17·94	18·05	18·16	18·27	18·38	—0·019
+21	18·50	18·61	18·72	18·84	18·95	19·07	19·19	19·31	19·42	19·54	—0·020
+22	19·66	19·78	19·90	20·02	20·14	20·27	20·39	20·51	20·64	20·76	—0·021
+23	20·91	21·02	21·14	21·27	21·41	21·53	21·66	21·79	21·92	22·05	—0·022
+24	22·18	22·32	22·45	22·59	22·72	22·86	23·00	23·14	23·27	23·41	—0·023
+25	23·55	23·69	23·83	23·98	24·12	24·26	24·41	24·55	24·70	24·84	—0·024
+26	24·99	25·14	25·29	25·44	25·59	25·74	25·89	26·05	26·20	26·35	—0·025
+27	26·51	26·66	26·82	26·98	27·14	27·29	27·46	27·62	27·78	27·94	—0·026
+28	28·10	28·27	28·43	28·60	28·77	28·93	29·10	29·27	29·44	29·61	—0·027
+29	29·78	29·96	30·13	30·31	30·48	30·65	30·83	31·01	31·19	31·37	—0·028

Tabelle IX. Psychrometertafel
(nach Zehntelgraden, abgekürzt).

b) Abzugstafel.

Wenn das feuchte Thermometer unter Null ist.

Celsius	0·0	0·1	0·2	0·3	0·4	0·5	0·6	0·7	0·8	0·9	Celsius
0	0·00	0·05	0·11	0·16	0·21	0·26	0·32	0·37	0·42	0·47	0
1	0·53	0·58	0·63	0·68	0·74	0·79	0·84	0·89	0·95	1·00	1
2	1·05	1·10	1·16	1·21	1·26	1·32	1·37	1·42	1·47	1·53	2
3	1·58	1·63	1·68	1·74	1·79	1·84	1·89	1·95	2·00	2·05	3
4	2·10	2·16	2·21	2·26	2·31	2·37	2·42	2·47	2·52	2·58	4
5	2·63	2·68	2·74	2·79	2·84	2·89	2·95	3·00	3·05	3·10	5

b) Abzugstafel.

Wenn das feuchte Thermometer über Null ist.

Celsius	0·0	0·1	0·2	0·3	0·4	0·5	0·6	0·7	0·8	0·9	Celsius
0	0·00	0·06	0·12	0·18	0·24	0·30	0·36	0·42	0·48	0·53	1
1	0·59	0·65	0·71	0·77	0·83	0·89	0·95	1·01	1·07	0·13	0
2	1·19	1·25	1·31	1·37	1·43	1·49	1·54	1·60	1·66	1·72	2
3	1·78	1·84	1·90	1·96	2·02	2·08	2·14	2·20	2·26	2·32	3
4	2·38	2·44	2·50	2·55	2·61	2·67	2·73	2·79	2·85	2·91	4
5	2·97	3·03	3·09	3·15	3·21	3·27	3·33	3·39	3·45	3·51	5
6	3·56	3·62	3·68	3·74	3·80	3·86	3·92	3·98	4·04	4·10	6
7	4·16	4·22	4·28	4·34	4·40	4·46	4·52	4·57	4·63	4·69	7
8	4·75	4·81	4·87	4·93	4·99	5·05	5·11	5·17	5·23	5·29	8
9	5·35	5·41	5·47	5·53	5·58	5·64	5·70	5·76	5·82	5·88	9
10	5·94	6·00	6·06	6·12	6·18	6·24	6·30	6·36	6·42	6·48	10
11	6·54	6·59	6·65	6·71	6·77	6·83	6·89	6·95	7·01	7·07	11
12	7·13	7·19	7·25	7·31	7·37	7·43	7·49	7·55	7·60	7·66	12
13	7·72	7·78	7·84	7·90	7·96	8·02	8·08	8·14	8·20	8·26	13
14	8·32	8·38	8·44	8·50	8·56	8·61	8·67	8·73	8·79	8·85	14
15	8·91	8·97	9·03	9·09	9·15	9·21	9·27	9·33	9·39	9·45	15
16	9·51	9·57	9·62	9·68	9·74	9·80	9·86	9·92	9·98	10·04	16
17	10·10	10·16	10·22	10·28	10·34	10·40	10·46	10·52	10·57	10·63	17
18	10·69	10·75	10·81	10·87	10·93	10·99	11·05	11·11	11·17	11·23	18
19	11·29	11·35	11·41	11·47	11·53	11·58	11·64	11·70	11·76	11·82	19

Tabelle IX. Psychrometertafel

(nach Zehntelgraden abgekürzt).

c) Barometrische Correction.

Wenn das feuchte Thermometer unter Null ist.

Psychrometer Differenz	770 —	760 —	750 +	740 +	730 +	720 +	710 +	700 +	690 +	680 +	670 +	660 +
0·5	0·01	0·00	0·00	9·01	0·01	0·01	0·02	0·02	0·02	0·03	0·03	0·03
1·0	0·01	0·00	0·00	0·01	0·02	0·02	0·03	0·04	0·04	0·05	0·06	0·07
1·5	0·02	0·01	0·01	0·02	0·03	0·04	0·05	0·06	0·07	0·08	0·09	0·10
2·0	0·02	0·01	0·01	0·02	0·03	0·05	0·06	0·08	0·09	0·10	0·12	0·13
2·5	0·03	0·01	0·01	0·03	0·04	0·06	0·08	0·09	0·11	0·13	0·15	0·16
3·0	0·03	0·01	0·01	0·03	0·05	0·07	0·09	0·11	0·13	0·15	0·17	0·20
3·5	0·04	0·01	0·01	0·04	0·06	0·08	0·11	0·13	0·16	0·18	0·20	0·23
4·0	0·04	0·01	0·01	0·04	0·07	0·10	0·12	0·15	0·18	0·21	0·23	0·26

Wenn das feuchte Thermometer über Null ist.

Psychrometer Differenz	770 —	760 —	750 +	740 +	730 +	720 +	710 +	700 +	690 +	680 +	670 +	660 +
0·5	0·01	0·00	0·00	0·01	0·01	0·01	0·02	0·02	0·03	0·03	0·03	0·04
1·0	0·01	0·00	0·00	0·01	0·02	0·03	0·04	0·04	0·05	0·06	0·07	0·08
1·5	0·02	0·01	0·01	0·02	0·03	0·04	0·05	0·07	0·08	0·09	0·10	0·11
2·0	0·02	0·01	0·01	0·02	0·04	0·06	0·07	0·09	0·10	0·12	0·14	0·15
2·5	0·03	0·01	0·01	0·03	0·05	0·07	0·09	0·11	0·13	0·15	0·17	0·19
3·0	0·04	0·01	0·01	0·04	0·06	0·08	0·11	0·13	0·16	0·18	0·20	0·23
3·5	0·04	0·01	0·01	0·04	0·07	0·10	0·13	0·15	0·18	0·21	0·24	0·27
4·0	0·05	0·02	0·02	0·05	0·08	0·11	0·14	0·18	0·21	0·24	0·27	0·30
4·5	0·05	0·02	0·02	0·05	0·09	0·13	0·16	0·20	0·23	0·27	0·31	0·34
5·0	0·06	0·02	0·02	0·06	0·10	0·14	0·18	0·22	0·26	0·30	0·34	0·38
5·5	0·07	0·02	0·02	0·07	0·11	0·15	0·20	0·24	0·29	0·33	7·37	0·42
6·0	0·07	0·02	0·02	0·07	0·12	0·17	0·22	0·26	0·31	0·36	0·41	0·46
6·5	0·08	0·03	0·03	0·08	0·13	0·18	0·23	0·29	0·34	0·39	0·44	0·49
7·0	0·08	0·03	0·03	0·08	0·14	0·20	0.25	0·31	0·36	0·42	0·48	0·53
7·5	0·09	0·03	0·03	0·09	0·15	0·21	0·27	0·33	0·39	0·45	0·51	0·57
8·0	0·10	0·03	0·03	0·10	0·16	0·22	0·29	0·35	0·42	0·48	0·54	0·61
8·5	0·10	0·03	0·03	0·10	0·17	0·24	0·31	0·37	0·44	0·51	0·58	0·65
9·0	0·11	0·04	0·04	0·11	0·18	0·25	0·32	0·40	0·47	0·54	0·61	0·68
9·5	0·11	0·04	0·04	0·11	0·19	0·27	0·34	0·42	0·49	0·57	0·65	0·72
10·0	0·12	0·04	0·04	0·12	0·20	0·28	0·36	0·44	0·52	0·60	0·68	0·76
10·5	0·13	0·04	0·04	0·13	0·21	0·29	0·38	0·46	0·55	0·63	0·71	0·80
11·0	0·13	0·04	0·04	0·13	0·22	0·31	0·40	0·48	0·57	0·66	0·75	0·84
11·5	0·14	0·05	0·05	0·14	0·23	0·32	0·41	0·51	0·60	0·69	0·78	0·87
12·0	0·14	0·05	0·05	0·14	0·24	0·34	0·43	0·53	0·62	0·72	0·82	0·91
12·5	0·15	0·05	0·05	0·15	0·25	0·35	0·45	0·55	0.65	0·75	0·85	0·95
13·0	0·16	0·05	0·05	0·16	0·26	0·36	0·47	0·57	0·68	0·78	0·88	0·99
13·5	0·16	0·05	0·05	0·16	0·27	0·38	0·49	0·59	0·70	0·81	0·92	1·03
14·0	0·17	0·06	0·06	0·17	0·28	0·39	0·50	0·62	0·73	0·84	0·95	1·06
14·5	0·17	0·06	0·06	0·17	0·29	0·41	0·52	0·64	0·75	0·87	0·99	1·10
15·0	0·18	0·06	0·06	0·18	0·30	0·42	0·54	0·66	0·78	0·90	1·02	1·14

Tabelle X. Thermische Volumänderung der Luft, Gewicht des Wasserdampfs in einem Cubikmeter, latente Dampfwärme und barometrische Reduction der Gasvolumina.

Die erste Columne enthält die Temperaturgrade. Die zweite Columne enthält die Werthe der Grösse 1 + 0,003667·*t*; die kleine Tabelle am Fusse erleichtert die Interpolation für Zehntel eines Grades. Die dritte Columne dient zur Berechnung des Gewichts des Wasserdampfs in 1 C.-M. Luft; sie giebt den Factor an, mit welchem der beobachtete Dunstdruck (in Millimetern) zu multipliciren ist, um das Gewicht des Wasserdampfs (in gr) in der Volumeinheit (= 1 C. M.) zu erhalten. Die vierte Columne enthält das Gewicht des Wasserdampfs, welcher in 1 C. M. der für die Temperatur der ersten Columne mit Wasserdampf gesättigten Luft enthalten ist; die Zahlen sind gewonnen durch Multiplication der Zahlen der dritten Columne mit dem zugehörigen Factor der vierten Columne. Die fünfte Columne giebt die latente Wärme des Wasserdampfs in Calorien (1 Calorie = die Wärmemenge, welche 1 Kilogr. Wasser um 1° Cels. erwärmt); bei Condensation von 1 gr Wasserdampf in Wasser oder Eis von derselben Temperatur wird die in dieser Columne angegebene Zahl von Calorien frei; die Berechnung der Zahlen ist nach der Formel von Clausius $r = 607—0{,}708\,t$ erfolgt; unter dem Gefrierpunkt ist die Schmelzungswärme des Eises = 80 Calorien hinzugefügt. Die sechste und siebente Columne enthält die Werthe von $\frac{B}{760}$, wo B den abgelesenen Barometerstand bedeutet, für die Barometerstände von 726 bis 780 mm.

t (Temperatur).	1 + *α*·*t* (1 + 0,003667 . *t*)	$\frac{1293 \times 0{,}623}{760\ (1 + \alpha t)}$	Gewicht des Wasserdampfs in 1 C.-M. einer bei *t*° gesättigten Luft.	*r* (Latente Wärme des Wasserdampfs in Calorien).	B	$\frac{B}{760}$
−20°	0·9267	1·144	1·064	0·701	726	0·9553
−19°	0·9303	1·139	1·150	0·701	727	0·9566
−18°	0·9340	1·135	1·237	0·700	728	0·9579
−17°	0·9377	1·131	1·346	0·699	729	0·9592
−16°	0·9413	1·126	1·453	0·698	730	0·9605
−15°	0·9450	1·122	1·571	0·698	731	0·9618
−14°	0·9487	1·118	1·700	0·697	732	0·9632
−13°	0·9523	1·114	1·840	0·696	733	0·9645
−12°	0·9560	1·110	1·974	0·696	734	0·9658
−11°	0·9597	1·105	2·133	0·695	735	0·9671
−10°	0·9633	1·100	2·300	0·694	736	0·9684
− 9°	0·9670	1·096	2·488	0·693	737	0·9697
− 8°	0·9707	1·092	2·674	0·693	738	0·9710
− 7°	0·9743	1·088	2·883	0·692	739	0·9724
− 6°	0·9780	1·084	3·111	0·691	740	0·9737
− 5°	0·9817	1·080	3·360	0·691	741	0·9750
− 4°	0·9853	1·076	3·614	0·690	742	0·9763
− 3°	0·9890	1·072	3·902	0·689	743	0·9776
− 2°	0·9927	1·068	4·194	0·689	744	0·9789
− 1°	0·9963	1·064	4·522	0·688	745	0·9803
− 0°	1·0000	1·060	4·874	0·687	746	0·9816
+ 0°	1·0000	1·060	4·874	0·607	747	0·9829
+ 1°	1·0037	1·056	5·214	0·606	748	0·9842
+ 2°	1·0073	1·052	5·574	0·606	749	0·9855
+ 3°	1·0110	1·048	5·963	0·605	750	0·9868
+ 4°	1·0147	1·044	6·370	0·604	751	0·9882

t (Temperatur).	$1 + \alpha . t$ $(1 + 0{,}003667 . t)$	$\frac{1293 \times 0{,}623}{760\ (1 + \alpha\ t)}$	Gewicht des Wasserdampfs in 1 C.-M. einer bei t° gesättigten Luft.	r (Latente Wärme des Wasserdampfs in Calorien).	B	$\frac{B}{760}$
+ 5°	1·0183	1·040	6·791	0·604	752	0·9895
+ 6°	1·0220	1·037	7·260	0·603	753	0·9908
+ 7°	1·0257	1·033	7·734	0·602	754	0·9921
+ 8°	1·0293	1·029	8·252	0·601	755	0·9934
+ 9°	1·0330	1·026	8·793	0·601	756	0·9947
+10°	1·0367	1·022	9·372	0·600	757	0·9961
+11°	1·0403	1·019	9·976	0·599	758	0·9974
+12°	1·0440	1·015	10·617	0·599	759	0·9987
+13°	1·0476	1·012	11·284	0·598	760	1·0000
+14°	1·0513	1·009	12·018	0·597	761	1·0013
+15°	1·0550	1·005	12·763	0·596	762	1·0026
+16°	1·0586	1·001	13·552	0·596	763	1·0039
+17°	1·0623	0·998	14·391	0·595	764	1·0053
+18°	1·0660	0·995	15·329	0·594	765	1·0066
+19°	1·0696	0·991	16·203	0·594	766	1·0079
+20°	1·0733	0·987	17·164	0·593	767	1·0092
+21°	1·0770	0·984	18·204	0·592	768	1·0105
+22°	1·0806	0·981	19·286	0·591	769	1·0118
+23°	1·0843	0·978	20·450	0·591	770	1·0132
+24°	1·0880	0·974	21·604	0·590	771	1·0145
+25°	1·0917	0·971	22·867	0·589	772	1·0158
+26°	1·0953	0·968	24·190	0·589	773	1·0171
+27°	1·0990	0·965	25·582	0·588	774	1·0184
+28°	1·1027	0·961	27·004	0·587	775	1·0197
+29°	1·1063	0·958	28·529	0·586	776	1·0211
+30°	1·1100	0·955	30·139	0·586	777	1·0224
+31°	1·1137	0·952	31·807	0·585	778	1·0237
+32°	1·1173	0·949	33·558	0·585	779	1·0250
+33°	1·1210	0·945	35·352	0·584	780	1·0263
+34°	1·1247	0·942	37·275	0·583		

Tabelle XI. Wasservolumina bei verschiedenen Temperaturen.

Die Zahlen der 2. Columne geben das Volumen von 1 gr Wasser in Cubikcentimetern bei den Temperaturen der Columne 1 (nach JOLLY).

Temperatur.	Volumen des Wassers.	Temperatur.	Volumen des Wassers.	Temperatur.	Volumen des Wassers.	Temperatur.	Volumen des Wassers.	Temperatur.	Volumen des Wassers.
0°	1·000126	11°	1·000336	22°	1·002152	33°	1·005179	60°	1·016954
1°	1·000098	12°	1·000449	23°	1·002380	34°	1·005503	65°	1·019752
2°	1·000038	13°	1·000557	24°	1·002613	35°	1·005823	70°	1·022384
3°	1·000010	14°	1·000696	25°	1·002856	36°	1·006177	75°	1·025770
4°	1·000000	15°	1·000847	26°	1·003096	37°	1·006532	80°	1·029003
5°	1·000006	16°	1·001015	27°	1·003355	38°	1·006902	85°	1·032346
6°	1·000029	17°	1·001156	28°	1·003639	39°	1·007259	90°	1·035829
7°	1·000059	18°	1·001336	29°	1·003929	40°	1·007627	95°	1·039483
8°	1·000109	19°	1·001525	30°	1·004234	45°	1·009641	100°	1·043116
9°	1·000148	20°	1·001732	31°	1·004539	50°	1·011877		
10°	1·000257	21°	1·001936	32°	1·004855	55°	1·014320		

Tabelle XII. Dietrich's Tabelle für die Gewichte eines Cubikcentimeters Kohlensäure

in Milligrammen bei 720—770 Millimeter Barometerstand und bei den Temperaturen von 10°—25° Celsius.

(Aus: Zeitschrift für analytische Chemie, 4, 142. — Zur Berechnung des CO_2-Volums ist das gefundene Gewicht in Milligrammen durch den Factor zu dividiren, der dem Barometerstand und der Temperatur der Luft entspricht. Im Text auf pag. 139 ist irrthümlich „multipliciren“ statt „dividiren“ gesetzt.

	720	722	724	726	728	730	732	734	736	738	740	742	744	
10°	1·77446	1·77945	1·78445	1·78944	1·79443	1·79942	1·80441	1·80941	1·81440	1·81940	1·82438	1·82937	1·83437	10°
11°	1·76668	1·77165	1·77662	1·78160	1·78657	1·79155	1·79652	1·80149	1·80647	1·81144	1·81642	1·82139	1·82636	11°
12°	1·75881	1·76377	1·76873	1·77368	1·77864	1·78359	1·78855	1·79351	1·79846	1·80342	1·80838	1·81333	1·81829	12°
13°	1·75092	1·75587	1·76081	1·76576	1·77070	1·77565	1·78059	1·78554	1·79048	1·79543	1·80037	1·80532	1·81026	13°
14°	1·74301	1·74795	1·75288	1·75781	1·76275	1·76768	1·77261	1·77754	1·78248	1·78741	1·79234	1·79728	1·80221	14°
15°	1·73502	1·73993	1·74484	1·74974	1·75465	1·75955	1·76446	1·76937	1·77427	1·77918	1·78408	1·78899	1·79390	15°
16°	1·72699	1·73188	1·73677	1·74166	1·74655	1·75144	1·75633	1·76122	1·76611	1·77100	1·77590	1·78078	1·78567	16°
17°	1·71888	1·72376	1·72862	1·73349	1·73836	1·74322	1·74809	1·75296	1·75783	1·76269	1·76756	1·77243	1·77729	17°
18°	1·71069	1·71554	1·72040	1·72525	1·73011	1·73497	1·73982	1·74468	1·74953	1·75439	1·75925	1·76410	1·76896	18°
19°	1·70239	1·70723	1·71207	1·71691	1·72175	1·72659	1·73143	1·73627	1·74111	1·74595	1·75078	1·75562	1·76046	19°
20°	1·69412	1·69894	1·70377	1·70859	1·71341	1·71823	1·72305	1·72788	1·73270	1·73752	1·74234	1·74716	1·75199	20°
21°	1·68571	1·69051	1·69532	1·70012	1·70493	1·70974	1·71454	1·71935	1·72415	1·72896	1·73377	1·73857	1·74338	21°
22°	1·67722	1·68201	1·68680	1·69151	1·69638	1·70117	1·70596	1·71075	1·71554	1·72033	1·72512	1·72991	1·73470	22°
23°	1·66862	1·67340	1·67817	1·68294	1·68772	1·69249	1·69727	1·70204	1·70681	1·71159	1·71636	1·72114	1·72591	23°
24°	1·65994	1·66470	1·66945	1·67421	1·67897	1·68372	1·68848	1·69324	1·69799	1·70275	1·70751	1·71227	1·71702	24°
25°	1·65113	1·65587	1·66061	1·66535	1·67009	1·67484	1·67958	1·68432	1·68906	1·69380	1·69854	1·70329	1·70803	25°
	720	722	724	726	728	730	732	734	736	738	740	742	744	

	746	748	750	752	754	756	758	760	762	764	766	768	770	
10°	1·83936	1·84435	1·84934	1·85433	1·85933	1·86432	1·86931	1·87430	1·87930	1·88429	1·88928	1·89427	1·89926	10°
11°	1·83134	1·83631	1·84129	1·84626	1·85123	1·85621	1·86118	1·86616	1·87113	1·87610	1·88108	1·88605	1·89103	11°
12°	1·82324	1·82820	1·83315	1·83811	1·84307	1·84802	1·85298	1·85793	1·86289	1·86785	1·87280	1·87776	1·88271	12°
13°	1·81521	1·82015	1·82510	1·83004	1·83499	1·83993	1·84488	1·84982	1·85477	1·85971	1·86466	1·86960	1·87455	13°
14°	1·80714	1·81208	1·81701	1·82194	1·82687	1·83181	1·83674	1·84167	1·84661	1·85154	1·85647	1·86141	1·86634	14°
15°	1·79880	1·80371	1·80861	1·81352	1·81843	1·82333	1·82824	1·83314	1·83805	1·84296	1·84786	1·85277	1·85767	15°
16°	1·79056	1·79545	1·80034	1·80523	1·81012	1·81501	1·81990	1·82479	1·82968	1·83457	1·83946	1·84435	1·84924	16°
17°	1·78216	1·78703	1·79189	1·79676	1·80163	1·80650	1·81136	1·81623	1·82110	1·82596	1·83083	1·83570	1·84056	17°
18°	1·77381	1·77867	1·78353	1·78838	1·79324	1·79809	1·80295	1·80781	1·81266	1·81752	1·82237	1·82723	1·83209	18°
19°	1·76530	1·77014	1·77498	1·77982	1·78466	1·78950	1·79434	1·79917	1·80401	1·80885	1·81369	1·81853	1·82337	19°
20°	1·75681	1·76113	1·76645	1·77127	1·77610	1·78092	1·78574	1·79056	1·79538	1·80021	1·80503	1·80985	1·81467	20°
21°	1·74818	1·75299	1·75780	1·76260	1·76741	1·77221	1·77702	1·78183	1·78663	1·79144	1·79624	1·80105	1·80586	21°
22°	1·73949	1·74428	1·74907	1·75386	1·75865	1·76344	1·76823	1·77302	1·77781	1·78260	1·78739	1·79218	1·79697	22°
23°	1·73068	1·73546	1·74023	1·74501	1·74978	1·75455	1·75933	1·76410	1·76888	1·77365	1·77842	1·78320	1·78797	23°
24°	1·72178	1·72654	1·73129	1·73605	1·74081	1·74556	1·75032	1·75508	1·75984	1·76459	1·76935	1·77411	1·77886	24°
25°	1·71277	1·71751	1·72225	1·72699	1·73173	1·73648	1·74122	1·74596	1·75070	1·75544	1·76018	1·76492	1·76967	25°
	746	748	750	752	754	756	758	760	762	764	766	768	770	

Tabelle XIII. Chemische Zusammensetzung der gebräuchlichsten Nahrungsmittel. (Nach König.)

I. Animalische Nahrungsmittel.

Nähere Bezeichnung.	Wasser %	Eiweiss (6.25 × N) %	Fett %	N-freie Extractiv-stoffe %	Asche %
Ochsenfleisch, sehr fett	54·76	16·93	27·23	—	1·08
„ mittelfett	72·25	21·39	5·19	—	1·17
„ mager	76·71	20·61	1·50	—	1·18
Kalbfleisch, fett	72·31	18·88	7·41	0·07	1·10
„ mager	78·82	19·86	0·82	—	1·33
Hammelfleisch, sehr fett	47·91	14·80	36·39	0·05	0·85
„ halbfett	75·99	18·11	5·77	—	1·33
Schweinefleisch, fett	47·40	14·54	37·34	—	0·72
„ mager	72·57	19·91	6·81	—	1·10
Pferdefleisch	74·27	21·71	2·55	0·46	1·01
Blut	80·61	18·00	0·19	0·30	0·90
Rindstalg	1·33	0·44	98·23	—	0·08
Schweineschmalz	0·70	0·26	99·04	—	—
Hase	74·16	23·34	1·13	0·19	1·18
Kaninchen (sogen. Lapins), fett	66·85	21·47	9·76	0·75	1·17
Reh	75·76	19·77	1·92	1·42	1·13
Huhn, mager	76·22	19·72	1·42	1·27	1·37
„ fett	70·06	18·49	9·34	1·20	0·91
Hahn, jung	70·03	23·32	3·15	2·49	1·01
Gans, fett	38·02	15·91	45·59	—	0·48
Taube	75·10	22·14	1·00	0·76	1·00
Getrocknetes Fleisch, pulverisirt	15·43	64·50	5·24	2·28	12·55
Rauchfleisch vom Ochsen	47·68	27·10	15·35	—	10·59
Amerikan. Ochsenfleisch (eingemacht)	49·11	28·87	0·18	0·77	21·07
Austral. Fleisch (eingemacht)	54·03	29·31	12·11	—	4·55
Ochsenzunge (geräuchert)	35·74	24·31	31·61	—	8·51
Schinken, Westfälischer (geräuchert)	27·98	23·97	36·48	1·50	10·07
„ gesalzen	62·58	22·32	8·68	—	6·42
Speck, Amerikanischer, gesalzen	9·15	9·72	75·75	—	5·38
Cervelatwurst	37·37	17·64	39·76	—	5·44
Blutwurst	49·93	11·81	11·48	25·09	1·69
Leberwurst, I. Sorte	48·70	15·93	26·33	6·38	2·66
„ II. „	47·80	12·89	25·10	12·00	2·21
„ III. „	50·12	10·87	14·43	21·71	2·87
Fleischextract	21·70		60·76		17·51
Lachs oder Salm	74·36	15·01	6·42	2·85	1·36
Flussaal	57·42	12·82	28·37	0·45	0·84
Meeraal	79·91	13·57	5·02	0·39	1·11
Häring (frisch)	80·71	10·11	7·11	—	2·07
Schellfisch	80·92	17·09	0·35	—	1·64
Dorsch	81·98	16·71	0·20	—	1·44
Hecht (nach A. Payen u. C. Krauch)	77·45	20·11	0·69	0·92	0·82
Seezunge	86·14	11·94	0·25	0·45	1·22
Karpfen	76·97	20·61	1·09	—	1·33
Austern	89·69	4·95	0·37	2·62	2·37
Häring (gesalzen	46·23	18·90	16·89	1·57	16·41
Lachs (geräuchert u. ges.)	51·46	24·19	11·86	0·45	12·04
Sardellen	51·77	22·30	2·21	—	23·72

Nähere Bezeichnung.	Wasser %	Eiweiss (0.25 × N) %	Fett %	N-freie Extractiv-stoffe %	Asche %
Krebsfleisch	72·74	13·63	0·36	0·21	13·06
Stockfisch (getrockneter Schellfisch)	16·16	78·91	0·78	2·59	1·56
Fischmehl von Gadus-Arten	17·02	76·06	0·70	—	(6·22)
Pöklinge (geräuch. Häring)	69·49	21·12	8·51	—	1·24
Eier.					
Hühnerei	73·67	12·55	12·11	0·55	1·12
„ -Eiweiss	85·75	12·67	0·25	(0·74)	0·59
„ -Eigelb	50·82	16·24	31·73	0·12	1·09
Milch- und Molkereiproducte.				Milch-zucker.	
Frauenmilch	87·09	2·48	3·90	6·04	0·49
Kuhmilch	87·41	3·41	3·66	4·82	0·70
Ziegenmilch	86·91	3·69	4·09	4·45	0·86
Stutenmilch	90·71	1·99	2·05	5·70	0·37
Eselsmilch	90·04	2·01	1·39	6·25	0·31
Rahm	66·41	3·70	25·72	3·54	0·63
Butter (Markt-)	14·14	0·68	83·11	0·70	1·19
Käse (Fett-)	35·75	27·16	30·43	2·53	4·13
„ (Halbfett-)	46·82	27·12	20·54	1·97	3·05
„ (Mager-)	48·02	32·65	8·41	6·80	4·12
„ (Molken)	23·57	8·88	16·26	46.53	4·76
Ziegenkäse	71·63	18·56	3·74	3·91	2·16
Sauermilchkäse Quargeln frisch	76·39	17.17	3·07	2·35	1·04
Sauermilchkäse Quargeln trocken	48·99	39·53	5·14		6·34
Abgerahmte Kuhmilch	90·63	3·06	0·79	4·77	0·75
Buttermilch	90·62	3·78	1·25	3·70	0·65
Molken	93·31	0·82	0·24	4·98	0·65
Kumys (Milchwein)	87·88	2·83	0·94	7·08	1·07

II. Vegetabilische Nahrungsmittel.

Nähere Bezeichnung.	Wasser %	Eiweiss (6.25 × N) %	Fett %	Zucker %	Sonstige N-freie Ex-tractivstoffe (Stärkemehl) %	Holz-faser %	Asche %
Weizen	13·56	12·42	1·70	1·44	66·45	2·66	1·77
Roggen	15·26	11·43	1·71	0·96	66·86	2·01	1·77
Gerste	13·78	11·46	2·12	—	65·51	4·80	2·63
Hafer	12·92	11·73	6·04	2·22	53·21	10·83	3·05
Mais	13·88	10·05	4·76	4·59	62·19	2·84	1·69
Reis (enthülst)	13·23	7·81	0·69	—	76·40	0·78	1·09
Hirse	12·26	11·29	3·56	1·18	66·15	4·25	2·31
Bohnen (Feld-)	14·84	23·66	1·63	—	49·25	7·47	3·15

Nähere Bezeichnung.	Wasser %	Eiweiss (6,25 × N) %	Fett %	Zucker %	Sonstige N-freie Extractivstoffe (Stärkemehl) %	Holzfaser %	Asche %
Bohnen (Vits-)	13·60	23·12	2·28	—	53·63	3·84	3·53
Erbsen	14·31	24·81	1·85	—	54·78	3·85	2·47
Linsen	12·51	24·81	1·85	—	54·78	3·58	2·47
Weizenmehl, feinstes . . .	14·86	8·91	1·11	2·32	71·86	0·33	0·61
„ gröberes. . .	12·18	11·27	1·22	1·88	71·77	0·84	0·84
Weizengries	12·52	10·43	0·38	—	75·95	0·22	0·50
Graupen	12·82	7·25	1·15	—	76·19	1·36	1·23
Roggenmehl	14·24	10·97	1·95	3·88	65·86	1·62	1·48
Gerstemehl (Gries). . . .	15·06	11·75	1·71	3·10	67·80	0·11	0·47
Hafermehl (Grütze) . . .	10·05	14·29	5·65	2·25	63·48	2·24	2·02
Buchweizenmehl (Grütze) .	14·27	9·28	1·89	1·06	71·40	0·89	1·21
Stärkemehl	14·84	1·46	—	—	83·31	—	0·39
Nudeln	13·07	9·02	0·28	—	76·79	—	0·84
Weizenbrod, feines	38·15	6·82	0·77	2·37	40·97	0·38	1·18
„ gröberes. . .	41·02	6·23	0·22	2·13	48·69	0·62	1·09
Weizen-Zwieback	13·47	8·32	1·04	1·82		75·35	
Roggenbrod (frisch) . . .	44·02	6·02	0·48	2·54	45·33	0·30	1·31
Pumpernickel (westfäl.) . .	43·42	7·69	1·51	3·25	41·87	0·94	1·42
Haferbrod (trocken) . . .	13·33	7·48	9·48	2·46	55·64	(9·14)	2·43
Kartoffeln	75·77	1·79	0·16	—	20·56	0·75	0·97
Möhren	87·05	1·04	0·21	6·74	2·66	(1·40)	0·90
Runkelrübe	87·88	1·07	0·11	6·55	2·43	1·02	0·94
Kohlrübe	91·24	0·96	0·16	4·08	1·90	0·91	0·75
Teltower Rüben	81·90	3·52	0·14	1·24	10·10	1·82	1·28
Kohlrabi	85·01	2·95	0·22	0·40	8·45	1·76	1·21
Spargel.	93·32	1·98	0·28	0·40	2·34	1·14	0·54
Gartenerbsen (grüne unreife Frucht)	80·49	5·75	0·50	—	10·86	1·60	0·80
Schnittbohnen (unreife Hülsen)	88·36	2·77	0·14	1·20	5·82	1·14	0·57
Blumenkohl	90·39	2·53	0·38	1·27	3·74	0·87	0·82
Butterkohl.	86·96	3·01	0·54	1·47	5·72	1·20	1·10
Rosenkohl	85·63	4·83	0·46	—	6·22	1·57	1·29
Rothkraut	90·06	1·83	0·19	1·74	4·12	1·29	0·77
Spinat	90·26	3·15	0·54	0·08	3·26	0·77	1·94
Gurke	95·60	1·02	0·09	0·95	1·33	0·62	0·39
Kopfsalat	94·33	1·41	0·31	—	2·19	0·73	1·03
Sellerie (Knollen)	84·09	1·48	0·39	—	11·79	1·40	0·84
Rettig	86·92	2·92	0·11	1·53	6·90	1·55	1·07
Radieschen	93·34	1·23	0·15	0·88	2·91	0·75	0·74
Champignon (frisch) . . .	91·11	2·57	0·13	—	4·76	0·67	0·76
Trüffel (frisch)	72·80	8·91	0·62	—	7·54	7·92	2·21
Steinpilz	12·81	36·12	1·72	—	37·26	6·71	6·38

Nähere Bezeichnung.	Wasser %	N-Substanz (6,25 × N) %	Flüchtiges ätherisch. Oel %	Fett %	Zucker %	Sonstige N-freie Stoffe %	Holzfaser %	Asche %
Pfeffer	17·01	11·99	1·12	8·82	—	42·02	14·49	4·57
Senfsamen. . .	5·92	26·28	1·27	32·55	—	13·32	(16·38)	4·28
Haushaltungssenf	5·42	28·48	0·46	35·51	—	9·97	(15·48)	4·32

Nähere Bezeichnung.	Wasser %	N-Substanz (6.25 × N) %	Fett %	Freie Säure %	Zucker %	Sonstige N-freie Stoffe %	Holzfaser %	Asche %
Aepfel	83·58	0·39	—	0·84	7·73	5·17	1·98	0·31
Birnen	83·03	0·36	—	0·20	8·26	3·54	4·30	0·31
Zwetschen (Pflaumen) .	81·18	0·78	—	0·85	6·15	4·92	5·41	0·71
Kirschen	80·26	0·62	—	0·91	10·24	1·17	6·07	0·73
Weintrauben	78·17	0·59		0·79	14·36	1·96	3·60	0·53
Erdbeeren	87·66	1·07	0·45	0·93	6·28	0·48	2·32	0·81
Aepfel } getrocknet	27·95	1·28	0·82	3·60	42·83	17·00	4·95	1·57
Birnen } getrocknet	29·41	2·07	0·35	0·84	29·13	29·67	6·86	1·67
Zwetschen } getrocknet	29·30	2.35	0·53	2·72	44·35	17·89	1·48	1·38
Trauben (Rosinen) . .	32·02	2·42	0·59	—	54·56	7·48	1·72	1·21
Wallnuss	4·68	16·37	62·68	—	—	7·89	6·17	2·03
Haselnuss	3·77	15·62	66·47	—	—	9·03	3·28	1·83

Kindernahrungsmittel.

Nähere Bezeichnung.	Wasser %	Eiweiss (6.25 × N) %	Fett %	Kohlehydrate. löslich in kaltem Wasser %	Kohlehydrate. unlöslich in kaltem Wasser %	Asche %
Condensirte Milch mit Zuckerzusatz	25·68	12·32	10·98	38·47		2·61
Condensirte Milch ohne Zuckerzusatz	48·59	17·81	15·67	15·40		2·53
Kindermehl von Nestlé . . .	5·30	9·85	3·67	41·16	37·85	2·17
„ „ Gerber & Co.	4·39	13·69	4·75	75·72		1·45
„ der Anglo-Swiss. Milk.-Co.. .	5·84	10·33	5·02	43·51	33·55	1·74
„ von Faust & Schuster	6·29	10·71	5·03	48·62	27·59	1·76
Lakto-Leguminose von Gerber	4—5	18—20	5—6	70·65		2—3 0·4—0·5 P_2O_5
Malto-Legumin von Liebig .	9·42	20·47	1·34	16·25	49·41	3·01
Kindersuppe von Liebig . .	40·44	8·41	0·82	48·61		1·71
Kindermehl von Frerichs . .	7·32	14·88	4·26	71·09		2·45 0·96 P_2O_5

III. Getränke und Genussmittel.

Nähere Bezeichnung.	Wasser %	N-Substanz (6.25 × N) %	Alkohol Vol. %	Zucker %	Extract %	Freie Säure = Weinsäure %	Asche %
Winter- (od. Schank-) Bier	91·81	0·81	3·21	0·44	4·98	—	0·20
Lager- (od. Sommer-) Bier	90·70	0·49	3·68	0·87	5·61	—	0·22
Export- (oder Doppel-) Bier	88·72	0·71	4·07	0·90	7·22	—	0·27
Porter und Ale	88·52	0·73	5·16	0·88	6·32	—	0·27
Malzextract	89·56	—	2·58	—	7·86	—	—
Most	74·49	0·28	—	19·71	(25·21)	0·64	0·40
Mosel- u. Saarwein . . .	86·06	—	12·06	0·20	1·88	0·61	0·20
Rheingau-Weisswein . . .	86·26	—	11·45	0·37	2·29	0·45	0·17
Rheingau-Rothwein . . .	86·88	—	10·08	0·39	3·04	0·52	0·25
Ungar-Weine	84·75	—	12·20	—	3·05	0·63	0·63
Portwein	71·50	0·17	20·37	5·25	8·13	0·40	0·25
Champagner	74·29	0·22	11·75	11·53	13·96	0·58	0·13
Aepfelwein	—	—	5·35	3·27	4·75	0·34	0·26

Nähere Bezeichnung.	Wasser %	N-Substanz (6.25 × N) %	Alkaloid %	Fett %	Zucker %	Sonstige N-freie Stoffe %	Holzfaser %	Asche %
Kaffee (gebrannt)	1·81	12·20	0·97	12·03	1·01	22·60	44·57	4·81
Von 100 Thln. Kaffee werden gelöst	—	3·12		5·18	13·14		—	4·06
Sogen. Feigenkaffee . . .	18·98	4.25	—	2·83	34·19	29·15	7·16	(3.44)
Thee	11·49	21·22	1·35	3·62	—	36·91	(20.30)	5·11
Von 100 Theilen trockenem Thee werden gelöst . .	—	12·38		—	17·61		—	3·65
Cacao-Bohnen (enthülst) . .	3·25	11·86	1·56	49·00	—	27·05	3·68	3·65
Handels-Chocolade (bitter) .	3·09	12·31	0·58	52·31		28·30		3·41
„ „ (süss) .	1·55	5·06		15·25	63·81	11·03	1·15	2·15
Tabak	trocken	25·06	1·32	4·32	—	—	—	22·81

IV. Zusammensetzung der Asche einiger Nahrungs- und Genussmittel.

	Reinasche in der Trockensubstanz %	Kali %	Natron %	Kalk %	Magnesia %	Eisenoxyd %	Phosphorsäure %	Schwefelsäure %	Kieselsäure %	Chlor
Fleisch der Wiederkäuer und des Geflügels . . .	32·75	41·27	3·63	2·82	3·21	0·70	42·54	1·56	—	3·85
Fleischextract .	17·51	41·95	13·11	0·54	3·14	0·28	30·07	2·15	0·91	9·91
Hühnereier, ganzer Inhalt . .	3·48	19·22	17·52	8·44	2·43	1·16	38·05	0·96	0·94	13·94
Milch, Frauen- .	—	33·78	9·16	16·64	2·16	0·25	22·74	1·89	—	18·38
„ Kuh- . .	—	24·67	9·70	22·05	3·05	0·53	28·45	0·30	—	14·28
Weizen (Winter-)	1·97	31·16	2·25	3·34	11·97	1·31	46·98	0·37	2·11	0·22
„ (Sommer-)	2·14	29·99	1·93	2·93	12·09	0·51	48·63	1·52	1·64	0·48
Roggen (Winter-)	2·09	31·47	1·70	2·63	11·54	1·63	46·93	1·10	1·88	0·61
Gerste (Sommer-)	2·60	20·15	2·53	2·60	8·62	0·97	34·68	1·69	27·54	0·93
Hafer	3·14	16·38	2·24	3·73	7·06	0·67	23·02	1·36	44·33	0·58
Mais	1·51	27·93	1·83	2·28	14·98	1·26	45·00	1·30	1·88	1·42
Reis (geschält) .	—	21·73	5·50	3·24	11·20	1·23	53·68	0·62	2·74	0·10
Bohnen, Feld- .	3·57	42·49	1·34	4·73	7·08	0·57	38·74	2·53	0·73	1·57
„ Vits- .	3·22	44·01	1·49	6·38	7·62	0·32	35·52	4·05	0·57	0·86
Erbsen	2·73	41·79	0·96	4·99	7·96	0·86	36·43	3·49	0·86	1·54
Linsen	2·06	34·76	13·50	6·34	2·47	2·00	36·30	—	—	4·63
Weizenmehl, feines	0·51	34·42	0·76	7·48	7·70	0·61	49·38	—	—	—
„ gröberes	0·84	30·98	0·98	6·32	11·22	0·44	50·18	—	—	—
Roggenmehl . .	1·97	38·44	1·75	1·02	7·99	2·54	48·26	—	—	—
Gerstemehl . .	2·33	28·77	2·54	2·80	13·50	2·00	47·29	3·10	—	—
Buchweizenmehl	0·72	25·43	5·87	2·30	12·89	1·80	48·10	1·68	—	1·91
Kartoffeln . . .	3·77	60·37	2·62	2·57	4·69	1·18	17·33	6·49	2·13	3·11
Spargel	7·99	31·03	11·59	10·48	4·90	2·99	20·12	6·36	6·60	5·73
Blumenkohl . .	11·27	26·37	10·24	18·68	2·30	0·36	13·08	11·41	12·84	6·09
Champignons . .	5·31	50·71	1·69	0·75	0·53	1·16	15·43	24·29	1·42	4·58
Aepfel (ganze Frucht)	1·44	35·68	26·09	4·08	8·75	1·40	13·59	6·09	4·32	—
Birnen „ „	1·97	54·69	8·52	7·98	5·22	1·04	15·20	5·69	1·49	—
Erdbeeren . . .	3·40	21·07	28·48	14·21	—	5·89	13·82	3·15	12·05	1·69
Weintrauben . .	—	63·14	0·40	9·05	3·97	0·06	10·42	5·61	4·11	1·01
Bier (deutsches) .	—	33·67	8·94	2·78	6·24	0·48	31·35	3·47	9·29	2·93
„ (englisches)	6·72	21·17	36·75	1·70	1·20	—	15·24	5·43	9·99	8·09
Hopfen	7·59	34·45	2·19	16·65	5·47	1·45	16·73	3·58	16·60	3·28
Hefe	7·83	31·18	1·52	3·31	5·62	0·50	51·26	0·56	1·45	—
Most	1·54	63·67	1·04	5·05	5·47	0·37	17·23	3·56	1·62	1·42
Wein	—	61·22	0·04	7·43	2·67	0·49	18·33	7·81	1·03	0·76
Kaffeebohnen . .	4·19	62·47	1·64	6·29	9·69	0·65	13·29	3·80	0·54	0·91
Thee (Blätter) .	5·48	24·67	19·42	8·87	6·18	9·29	13·28	7·00	9·82	1·79
Cacaobohnen . .	3·49	35·89	2·26	5·44	11·06	0·03	38·61	3·43	1·51	0·85
Tabak (Blätter) .	22·81	20·07	3·39	41·59	11·72	3·07	3·16	3·86	8·92	5·22

Tabelle XIV. A. Correctionstabelle für ganze (nicht abgerahmte) Milch.

Temperaturgrade der Milch.

Grade des Lactodensimeters.	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°
14	12·9	12·9	12·9	13	13	13·1	13·1	13·1	13·2	13·3	13·4	13·5	13·6	13·7	13·8
15	13·9	13·9	13·9	14	14	14·1	14·1	14·1	14·2	14·3	14·4	14·5	14·6	14·7	14·8
16	14·9	14·9	14·9	15	15	15·1	15·1	15·1	15·2	15·3	15·4	15·5	15·6	15·7	15·8
17	15·9	15·9	15·9	16	16	16·1	16·1	16·1	16·2	16·3	16·4	16·5	16·6	16·7	16·8
18	16·9	16·9	16·9	17	17	17·1	17·1	17·1	17·2	17·3	17·4	17·5	17·6	17·7	17·8
19	17·8	17·8	17·8	17·9	17·9	18	18·1	18·1	18·2	18·3	18·4	18·5	18·6	18·7	18·8
20	18·7	18·7	18·7	18·8	18·8	18·9	19	19	19·1	19·2	19·3	39·4	19·5	19·6	19·8
21	19·6	19·6	19·7	19·7	19·7	19·8	19·9	20	20·1	20·2	20·3	20·4	20·5	20·6	20·8
22	20·6	20·6	20·7	20·7	20·7	20·8	20·9	21	21·1	21·2	21·3	21·4	21·5	21·6	21·8
23	21·5	21·5	21·6	21·7	21·7	21·8	21·9	22	22·1	22·2	22·3	22·4	22·5	22·6	22·8
24	22·4	22·4	22·5	22·6	22·7	22·8	22·9	23	23·1	23·2	23·3	23·4	23·5	23·6	23·8
25	23·3	23·3	23·4	23·5	23·6	23·7	23·8	23·9	24	24·1	24·2	24·3	24·5	24·6	24·8
26	24·3	24·3	24·4	24·5	24·6	24·7	24·8	24·9	25	25·1	25·2	25·3	25·5	25·6	25·8
27	25·2	25·3	25·4	25·5	25·6	25·7	25·8	25·9	26	26·1	26·2	26·3	26·5	26·6	26·8
28	26·1	26·2	26·3	26·4	26·6	26·6	26·7	26·8	26·9	27	27·1	27·2	27·4	27·6	27·8
29	27	27·1	27·2	27·3	27·4	27·5	27·6	27·7	27·8	27·9	28·1	28·2	28·4	28·6	28·8
30	27·9	28	28·1	28·2	28·3	28·4	28·5	28·6	28·7	28·8	29	29·2	29·4	29·6	29·8
31	28·8	28·9	29	29·1	29·2	29·3	29·5	29·6	29·7	29·8	30	30·2	30·4	30·6	30·8
32	29·7	29·8	29·9	30	30·1	30·3	30·4	30·4	30·6	30·8	31	31·2	31·4	31·6	31·8
33	30·6	30·7	30·8	30·9	31	31·2	31·3	31·4	31·6	31·8	32	32·2	32·4	32·6	32·8
34	31·5	31·6	31·7	31·8	31·9	32·1	32·2	32·3	32·5	32·7	32·9	33·1	33·3	33·5	33·8
35	32·4	32·5	32·6	32·7	32·8	33	33·1	33·2	33·4	33·6	33·8	34	34·2	34·4	34·7

Tabelle XIV. A. Correctionstabelle für ganze (nicht abgerahmte) Milch.

Temperaturgrade der Milch.

Grade des Lactodensimeters.	15°	16°	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°	30°
14	14	14·1	14·2	14·4	14·6	14·8	15	15·2	15·4	15·6	15·8	16	16·2	16·4	16·6	16·8
15	15	15·3	15·2	15·4	15·6	15·8	16	16·2	16·4	16·7	16·8	17	17·2	17·4	17·6	17·8
16	16	16·1	16·3	16·5	16·7	16·9	17·1	17·3	17·5	17·7	17·9	18·1	18·3	18·5	18·7	18·9
17	17	17·1	17·3	17·5	17·7	17·9	18·1	18·3	18·5	18·7	18·9	19·1	19·3	19·5	19·7	20
18	18	18·1	18·3	18·5	18·7	18·9	19·1	19·3	19·5	19·7	19·9	20·1	20·3	20·5	20·7	21
19	19	19·1	19·3	19·5	19·7	19·9	20·1	20·3	20·5	20·7	20·9	21·1	21·3	21·5	21·7	21
20	20	20·1	20·3	20·5	20·7	20·9	21·1	21·3	21·5	21·6	21·9	22·1	22·3	22·5	22·7	23
21	21	21·2	21·4	21·6	21·8	22	22·2	22·4	22·6	22·8	23	23·2	23·4	23·6	23·8	24·1
22	22	22·2	22·4	22·6	22·8	23	23·2	23·4	23·6	23·8	24·1	24·3	24·5	24·7	24·9	25·2
23	23	23·2	23·4	23·6	23·8	24	24·2	24·4	24·6	24·8	25·1	25·3	25·5	25·7	26	26·3
24	24	24·2	24·4	24·6	24·8	25	25·2	25·4	25·6	25·8	26·1	26·3	26·5	26·7	27	27·3
25	25	25·2	25o4	25·6	25·8	26	26·2	26·4	26·6	26·8	27·1	27·3	27·5	27·7	28	28·3
26	26	26·2	26·4	26·6	26·9	27·1	27·3	27·5	27·7	27·9	28·2	28·4	28·6	28·9	29·2	29·5
27	27	27·2	27·4	27·6	27·9	28·2	28·4	28·6	28·8	29	29·3	29·5	29·7	30	30·3	30·6
28	28	28·2	28·4	28·6	28·9	29·2	29·4	29·6	29·9	30·1	30·4	30·6	30·8	31·1	31·4	31·7
29	29	29·2	29·4	29·6	29·9	·30·2	30·4	30·6	30·9	31·2	31·5	31·7	31·9	32·2	32·5	32·8
30	30	30·2	30·4	30·6	30·9	31·2	31·4	31·6	31·9	32·2	32·5	32·7	33	33·3	33·6	33·9
31	31	31·2	31·4	31·7	32	32·3	32·5	32·7	33	33·3	33·6	33·8	34·1	34·4	34·7	35·1
32	32	32·2	32·4	32·7	33	33·3	33·6	33·8	34·1	34·4	34·7	34·9	35·2	35·5	35·8	36·2
33	33	33·2	33·4	33·7	34	34·3	34·6	34·9	35·2	35·5	35·8	36	36·3	36·6	36·9	37·3
34	34	34·2	34·4	34·7	35	35·3	35·6	35·9	36·2	36·5	35·8	37·1	37·4	37·7	38	38·4
35	35	35·2	35·4	35·7	36	36·3	36·6	36·9	37·2	37·5	37·8	38·1	38·4	38·7	39·1	39·5

Tabelle XIV. B. Correctionstabelle für abgerahmte (blaue) Milch.

Temperaturgrade der Milch.

Grade des Lactodensimeters.	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°
18	17·2	17·2	17·2	17·3	17·2	17·3	17·3	17·3	17·3	17·4	17·5	17·6	17·7	17·8	17·9
19	18·2	18·2	18·2	18·3	18·2	18·3	18·3	18·3	18·3	18·4	18·5	18·6	18·7	18·8	18·9
20	19·2	19·2	19·2	19·3	19·2	19·3	19·3	19·3	19·3	19·4	19·5	19·6	19·7	19·8	19·9
21	20·2	20·2	20·2	20·3	20·2	20·3	20·3	20·3	20·3	20·4	20·5	20·6	20·7	20·8	20·9
22	21·1	21·1	21·1	21·1	21·2	21·3	21·3	21·3	21·3	21·4	21·5	21·6	21·7	21·8	21·9
23	22	22	22	22·	22·1	22·2	22·3	22·3	22·3	22·4	32·5	22·6	22·7	22·8	22·9
24	22·9	22·9	22·9	22·9	23	23·1	23·2	23·2	23·2	23·3	23·4	23·5	23·6	23·7	23·9
25	23·8	23·8	23·8	23·8	23·9	24	24·1	24·1	24·1	24·2	24·3	24·4	24·5	24·6	24·8
26	24·8	24·8	24·8	24·8	24·9	25	25·1	25·1	25·1	25·2	25·3	25·4	25·5	25·6	25·8
27	25·8	25·8	25·8	25·8	25·9	26	26·1	26·1	26·1	26·2	26·3	26·4	26·5	26·6	26·8
28	26·8	26·8	26·8	26·8	26·9	27	27·1	27·1	27·1	27·2	27·3	27·4	27·5	27·6	27·8
29	27·8	27·8	27·9	27·8	27·9	28	28·1	28·1	28·1	28·2	28·3	28·4	28·5	28·6	28·8
30	28·7	28·7	28·7	28·7	28·8	28·9	29	29	29·1	29·2	29·3	29·4	29·5	29·6	29·8
31	29·7	29·7	29·7	29·7	29·8	29·9	30	30	30·1	30·2	30·3	30·4	30·5	30·6	30·8
32	30·7	30·7	30·7	20·7	30·8	30·9	31	31	31·1	31·2	31·3	31·4	31·5	31·6	31·8
33	31·7	31·7	31·7	31·7	31·8	31·9	32	32	32·1	32·2	32·3	32·4	32·5	32·6	32·8
34	32·6	32·6	32·6	32·7	32·8	32·9	32·9	33	33·1	33·2	33.3	33·4	33·5	33·6	33·8
35	33·5	33·5	33·5	33·6	33·7	33·9	33·8	33·9	34	34·1	34·2	34·3	34·4	34·6	34·8
36	34·3	34·4	34·5	34·6	34·7	34·8	34·8	34·9	35	35·1	35·2	35·3	35·4	35·6	35·8
37	35·3	35·4	35·5	35·6	35·7	35·8	35·8	35·9	36	36·1	36·2	36·3	36·4	36·6	36·8
38	36·2	36·3	36·4	36·5	36·6	36·7	36·8	36·9	37	37·1	37·2	37·3	37·4	37·6	37·8
39	37·1	37·2	37·3	37·4	37·5	37·6	37·7	37·8	37·9	38	38·2	38·3	38·4	38·6	38·8
40	38	38·1	38·2	38·3	38·4	38·5	38·6	38·7	38·8	38·9	39·1	39·2	39·4	39·6	39·6

Tabelle XIV. B. Correctionstabelle für abgerahmte (blaue) Milch.

Temperaturgrade der Milch.

Grade des Lactodensimeters.	15°	16°	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°	30°
18	18	18·1	18·2	18·4	18·6	18·8	18·9	19·1	19·3	19·5	19·7	19·9	20·1	20·3	20·5	20·7
19	19	19·1	19·2	19·4	19·6	19·8	19·9	20·1	20·3	20·5	20·7	20·9	21·1	21·3	21·5	21·7
20	20	20·1	20·2	20·4	20·6	20·8	20·9	21·1	21·3	21·5	21·7	21·9	22·1	22·3	22·5	22·7
21	21	21·1	21·2	21·4	21·6	21·8	21·9	22·1	22·3	22·5	22·7	22·9	23·1	23·4	23·5	23·7
22	22	22·1	22·2	22·4	22·6	22·8	22·9	23·1	23·3	23·5	23·7	23·9	24·1	24·3	24·5	24·7
23	23	23·1	23·2	23·4	23·6	23·8	23·9	24·1	24·3	24·5	24·7	24·9	25·1	25·3	25·5	25·7
24	24	24·1	24·2	24·4	24·6	24·8	24·9	25·1	25·3	25·5	25·7	25·9	26·1	26·3	26·5	26·7
25	25	25·1	25·2	25·4	25·6	25·8	25·9	26·1	26·3	26·5	26·7	26·9	27·1	27·3	27·5	27·7
26	26	26·1	26·3	26·5	26·7	26·9	27	27·2	27·4	27·6	27·8	28	28·2	28·4	28·6	28·8
27	27	27·1	27·3	27·5	27·7	27·9	28·1	28·3	28·5	28·7	28·9	29·1	29·3	29·5	29·7	29·9
28	28	28·1	28·3	28·5	28·7	28·9	29·1	29·3	29·5	29·7	29·9	30·1	30·3	30·5	30·7	31
29	29	29·1	29·3	29.5	29·7	29·9	30·1	30·3	30·5	30·7	30·9	31·1	31·3	31·5	31·7	32
30	30	30·1	30·3	30·5	30·7	30·9	31·1	31·3	31·5	31·7	31·9	32·1	32·3	32·5	32·7	33
31	31	31·2	31·4	31·6	31·8	32	32·2	32·4	32·6	32·8	33	33·2	33·4	33·6	33·9	34·1
32	32	32.2	32·4	32·6	32·8	33	33·2	33·4	33·6	33·9	34·1	34·3	34·5	34·7	35	35·2
33	33	33·2	33·4	33.6	33·8	34	34·2	34.4	34·6	34·9	35·2	35·4	35·6	35·8	36·1	36·3
34	34	34·2	34·4	34·6	34·8	35	35·2	35·4	35·6	35·9	36·2	36·4	36·7	36·9	37·2	37·4
35	35	35·2	35·4	35·6	35·8	36	36·2	36·4	36·6	36·9	37·2	37·4	37·7	38	38·3	38·5
36	36	36·2	36·4	36·6	36·9	37·1	37·3	37·5	37·7	38	38·3	38·5	38·8	39·1	39·4	39·7
37	37	37·2	37·4	37·6	37·9	38·2	38·4	38·6	38·8	39·1	39·4	39·6	39·9	40·2	40·5	40·8
38	38	38·2	38·4	38·6	38·9	39·2	39·4	39·7	39·9	40·2	40·5	40·7	41	41·3	41·6	41·9
39	39	39·2	39·4	39·6	39·9	40·2	40·4	40·7	41	41·3	41·6	41·8	42·1	42·4	42·7	43
40	40	40·2	40·4	40·6	40·9	41·2	41·4	41·7	42	42·3	42·6	42·9	43·7	43·5	43·8	44·1

Tabelle XV. Schulze's Tabelle zur Ermittlung des Extractgehaltes klarer Decoctions- und Infusionswürzen und entalkoholter Bierextraktlösungen.

Wenn 1 cc titrimetr. klarer Würze bei 15° wiegt,	so ist der Extractgehalt in 100 g dieser Würze:	so ist der Extractgehalt in 100 cc dieser Würze:	Wenn 1 cc titrimetr. klarer Würze bei 15° wiegt,	so ist der Extractgehalt in 100 g dieser Würze:	so ist der Extractgehalt in 100 cc dieser Würze:	Wenn 1 cc titrimetr. klarer Würze bei 15° wiegt,	so ist der Extractgehalt in 100 g dieser Würze:	so ist der Extractgehalt in 100 cc dieser Würze:	Wenn 1 cc titrimetr. klarer Würze bei 15° wiegt,	so ist der Extractgehalt in 100 g dieser Würze:	so ist der Extractgehalt in 100 cc dieser Würze:
g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
1·0000	0·00	0·00	1·0040	1·05	1·05	1·0080	2·07	2·09	1·0120	3·10	3·14
1·0001	0·03	0·03	1·0041	1·08	1·08	1·0081	2·10	2·12	1·0121	3·12	3·16
1·0002	0·05	0·05	1·0042	1·10	1·10	1·0082	2·12	2·14	1·0122	3·15	3·19
1·0003	0·08	0·08	1·0043	1·13	1·13	1·0083	2·15	2·17	1·0123	3·17	3·21
1·0004	0·10	0·10	1·0044	1·15	1·16	1·0084	2·17	2·19	1·0124	3·20	3·24
1·0005	0·13	0·13	1·0045	1·18	1·19	1·0085	2·20	2·22	1·0125	3·23	3·27
1·0006	0·16	0·16	1·0046	1·21	1·22	1·0086	2·23	2·25	1·0126	3·25	3·29
1·0007	0·18	0·18	1·0047	1·23	1·24	1·0087	2·25	2·27	1·0127	3·28	3·32
1·0008	0·21	0·21	1·0048	1·26	1·27	1·0088	2·28	2·30	1·0128	3·30	3·34
1·0009	0·24	0·24	1·0049	1·29	1·30	1·0089	2·30	2·32	1·0129	3·33	3·37
1·0010	0·26	0·26	1·0050	1·31	1·32	1·0090	2·33	2·35	1·0130	3·35	3·39
1·0011	0·29	0·29	1·0051	1·34	1·35	1·0091	2·35	2·37	1·0131	3·38	3·42
1·0012	0·31	0·31	1·0052	1·36	1·37	1·0092	2·38	2·40	1·0132	3·41	3·46
1·0013	0·34	0·34	1·0053	1·39	1·40	1·0093	2·41	2·43	1·0133	3·43	3·48
1·0014	0·87	0·37	1·0054	1·41	1·42	1·0094	2·43	2·45	1·0134	3·46	3·51
1·0015	0·39	0·39	1·0055	1·44	1·45	1·0095	2·46	2·48	1·0135	3·48	3·53
1·0016	0·42	0·42	1·0056	1·46	1·47	1·0096	2·48	2·50	1·0136	3·51	3·56
1·0017	0·45	0·45	1·0057	1·49	1·50	1·0097	2·51	2·53	1·0137	3·54	3·59
1·0018	0·47	0·47	1·0058	1·51	1·52	1·0098	2·53	2·55	1·0138	3·56	3·61
1·0019	0·50	0·50	1·0059	1·54	1·55	1·0099	2·56	2·59	1·0139	3·59	3·64
1·0020	0·52	0·52	1·0060	1·56	1·57	1·0100	2·58	2·61	1·0140	3·61	3·66
1·0021	0·55	0·55	1·0061	1·59	1·60	1·0101	2·61	2·64	1·0141	3·64	3·69
1·0022	0·58	0·58	1·0062	1·62	1·63	1·0102	2·64	2·67	1·0142	3·66	3·71
1·0023	0·60	0·60	1·0063	1·64	1·65	1·0103	2·66	2·69	1·0143	3·69	3·74
1·0024	0·63	0·63	1·0064	1·67	1·68	1·0104	2·69	2·72	1·0144	3·72	3·77
1·0025	0·66	0·66	1·0065	1·69	1·70	1·0105	2·71	2·74	1·0145	3·74	3·79
1·0026	0·68	0·68	1·0066	1·72	1·73	1·0106	2·74	2·77	1·0146	3·77	3·83
1·0027	0·71	0·71	1·0067	1·74	1·75	1·0107	2·76	2·79	1·0147	3·79	3·85
1·0028	0·73	0·73	1·0068	1·77	1·78	1·0108	2·79	2·82	1·0148	3·82	3·88
1·0029	0·76	0·76	1·0069	1·79	1·80	1·0109	2·82	2·85	1·0149	3·85	3·91
1·0030	0·79	0·79	1·0070	1·82	1·83	1·0110	2·84	2·87	1·0150	3·87	3·93
1·0031	0·81	0·81	1·0071	1·84	1·85	1·0111	2·87	2·90	1·0151	3·90	3·96
1·0032	0·84	0·84	1·0072	1·87	1·88	1·0112	2·89	2·92	1·0152	3·92	3·98
1·0033	0·87	0·87	1·0073	1·90	1·91	1·0113	2·92	2·95	1·0153	3·95	4·01
1·0034	0·89	0·89	1·0074	1·92	1·93	1·0114	2·94	2·97	1·0154	3·97	4·03
1·0035	0·92	0·92	1·0075	1·95	1·96	1·0115	2·97	3·00	1·0155	4·00	4·06
1·0036	0·94	0·94	1·0076	1·97	1·98	1·0116	2·99	3·02	1·0156	4·03	4·09
1·0037	0·97	0·97	1·0077	2·00	2·02	1·0117	3·02	3·06	1·0157	4·05	4·11
1·0038	1·00	1·00	1·0078	2·02	2·04	1·0118	3·05	3·09	1·0158	4·08	4·14
1·0039	1·02	1·02	1·0079	2·05	2·07	1·0119	3·07	3·11	1·0159	4·10	4·17

Wenn 1 cc titrimetr. klarer Würze bei 15° wiegt,	so ist der Extractgehalt in 100 g dieser Würze:	so ist der Extractgehalt in 100 cc dieser Würze:	Wenn 1 cc titrimetr. klarer Würze bei 15° wiegt,	so ist der Extractgehalt in 100 g dieser Würze:	so ist der Extractgehalt in 100 cc dieser Würze:	Wenn 1 cc titrimetr. klarer Würze bei 15° wiegt,	so ist der Extractgehalt in 100 g dieser Würze:	so ist der Extractgehalt in 100 cc dieser Würze:
g	g	g	g	g	g	g	g	g
1·0160	4·13	4·20	1·0205	5·33	5·44	1·0250	6·44	6·60
1·0161	4·16	4·23	1·0206	5·35	5·46	1·0251	6·47	6·63
1·0162	4·18	4·25	1·0207	5·38	5·49	1·0252	6·50	6·66
1·0163	4·21	4·28	1·0208	5·40	5·51	1·0253	6·52	6·68
1·0164	4·23	4·30	1·0209	5·43	5·54	1·0254	6·55	6·72
1·0165	4·26	4·33	1·0210	5·45	5·56	1·0255	6·58	6·75
1·0166	4·28	4·35	1·0211	5·48	5·60	1·0256	6·61	6·78
1·0167	4·31	4·38	1·0212	5·50	5·62	1·0257	6·63	6·80
1·0168	4·34	4·41	1·0213	5·53	5·65	1·0258	6·66	6·83
1·0169	4·36	4·42	1·0214	5·55	5·67	1·0259	6·69	6·86
1·0170	4·39	4·46	1·0215	5·57	5·69	1·0260	6·71	6·88
1·0171	4·42	4·50	1·0216	5·60	5·72	1·0261	6·74	6·92
1·0172	4·44	4·52	1·0217	5·62	5·74	1·0262	6·77	6·95
1·0173	4·47	4·55	1·0218	5·65	5·77	1·0263	6·80	6·98
1·0174	4·50	4·58	1·0219	5·67	5·79	1·0264	6·82	7·00
1·0175	4·53	4·61	1·0220	5·70	5·83	1·0265	6·85	7·03
1·0176	4·55	4·63	1·0221	5·72	5·85	1·0266	6·88	7·06
1·0177	4·58	4·66	1·0222	5·75	5·88	1·0267	6·91	7·09
1·0178	4·61	4·69	1·0223	5·77	5·90	1·0268	6·93	7·12
1·0179	4·63	4·71	1·0224	5·80	5·93	1·0269	6·96	7·15
1·0180	4·66	4·74	1·0225	5·82	5·95	1·0270	6·99	7·18
1·0181	4·69	4·77	1·0226	5·84	5·97	1·0271	7·01	7·20
1·0182	4·71	4·80	1·0227	5·87	6·00	1·0272	7·04	7·23
1·0183	4·74	4·83	1·0228	5·89	6·02	1·0273	7·07	7·26
1·0184	4·77	4·86	1·0229	5·92	6·06	1·0274	7·10	7·29
1·0185	4·79	4·88	1·0230	5·94	6·08	1·0275	7·12	7·32
1·0186	4·82	4·91	1·0231	5·97	6·11	1·0276	7·15	7·35
1·0187	4·85	4·94	1·0232	5·99	6·13	1·0277	7·18	7·38
1·0188	4·88	4·97	1·0233	6·02	6·16	1·0278	7·21	7·41
1·0189	4·90	4·99	1·0234	6·04	6·18	1·0279	7·23	7·43
1·0190	4·93	5·02	1·0235	6·07	6·21	1·0280	7·26	7·46
1·0191	4·96	5·05	1·0236	6·09	6·23	1·0281	7·28	7·48
1·0192	4·98	5·08	1·0237	6·11	6·25	1·0282	7·30	7·51
1·0193	5·01	5·11	1·0238	6·14	6·29	1·0283	7·33	7·54
1·0194	5·04	5·14	1·0239	6·16	6·31	1·0284	7·35	7·56
1·0195	5·06	5·16	1·0240	6·19	6·34	1·0285	7·37	7·58
1·0196	5·09	5·19	1·0241	6·21	6·36	1·0286	7·39	7·60
1·0197	5·12	5·22	1·0242	6·24	6·39	1·0287	7·42	7·63
1·0198	5·15	5·25	1·0243	6·26	6·41	1·0288	7·44	7·65
1·0199	5·17	5·27	1·0244	6·29	6·44	1·0289	7·46	7·68
1·0200	5·20	5·30	1·0245	6·31	6·46	1·0290	7·48	7·70
1·0201	5·23	5·34	1·0246	6·34	6·50	1·0291	7·51	7·73
1·0202	5·25	5·36	1·0247	6·36	6·52	1·0292	7·53	7·75
1·0203	5·28	5·39	1·0248	6·39	6·55	1·0293	7·55	7·77
1·0204	5·30	5·41	1·0249	6·41	6·57	1·0294	7·57	7·79

Wenn 1 cc titrimetr. klarer Würze bei 15° wiegt,	so ist der Extractgehalt in dieser Würze:		Wenn 1 cc titrimetr. klarer Würze bei 15° wiegt,	so ist der Extractgehalt in dieser Würze:		Wenn 1 cc titrimetr. klarer Würze bei 15° wiegt,	so ist der Extractgehalt in dieser Würze:	
	100 g	100 cc		100 g	100 cc		100 g	100 cc
g	g	g	g	g	g	g	g	g
1·0295	7·60	7·82	1·0340	8·67	8·96	1·0385	9·81	10·19
1·0296	7·62	7·85	1·0341	8·70	9·00	1·0386	9·83	10·21
1·0297	7·64	7·87	1·0342	8·72	9·02	1·0387	9·85	10·23
1·0298	7·66	7·89	1·0343	8·75	9·05	1·0388	9·88	10·26
1·0299	7·69	7·92	1·0344	8·78	9·08	1·0389	9·90	10·29
1·0300	7·71	7·94	1·0345	8·80	9·10	1·0390	9·92	10·31
1·0301	7·73	7·96	1·0346	8·83	9·14	1·0391	9·95	10·34
1·0302	7·75	7·98	1·0347	8·86	9·17	1·0392	9·97	10·36
1·0303	7·77	8·01	1·0348	8·88	9·19	1·0393	9·99	10·38
1·0304	7·80	8·04	1·0349	8·91	9·22	1·0394	10·02	10·41
1·0305	7·82	8·06	1·0350	8·94	9·25	1·0395	10·04	10·44
1·0306	7·84	8·08	1·0351	8·97	9·28	1·0396	10·06	10·46
1·0307	7·86	8·10	1·0352	8·99	9·31	1·0397	10·09	10·49
1·0308	7·89	8·13	1·0353	9·02	9·34	1·0398	10·11	10·51
1·0309	7·91	8·15	1·0354	9·05	9·37	1·0399	10·13	10·53
1·0310	7·93	8·18	1·0355	9·07	9·39	1·0400	10·16	10·57
1.0311	7·95	8·20	1·0356	9·10	9·42	1·0401	10·18	10·59
1·0312	7·98	8·23	1·0357	9·13	9·46	1·0402	10·20	10·61
1·0313	8·00	8·25	1·0358	9·15	9·48	1·0403	10·23	10·64
1·0314	8·02	8·27	1·0359	9·18	9·51	1·0404	10·25	10·66
1·0315	8·04	8·29	1·0360	9·21	9·54	1·0405	10·27	10·69
1·0316	8·07	8·33	1.0361	9·24	9·57	1·0406	10·30	10·72
1·0317	8·09	8·35	1·0362	9·26	9·60	1·0407	10·32	10·74
1·0318	8·11	8·37	1·0363	9·29	9·63	1·0408	10·35	10·77
1·0319	8·13	8·39	1·0364	9·31	9·65	1·0409	10·37	10·79
1·0320	8·16	8·42	1·0365	9·34	9·68	1·0410	10·40	10·83
1·0321	8·18	8·44	1·0366	9·36	9·70	1·0411	10·42	10·85
1·0322	8·20	8·46	1·0367	9·38	9·72	1·0412	10·45	10·88
1·0323	8·22	8·49	1·0368	9·41	9·76	1·0413	10·47	10·90
1·0324	8·25	8·52	1·0369	9·43	9·78	1·0414	10·50	10·93
1·0325	8·27	8·54	1·0370	9·45	9·80	1·0415	10·52	10·96
1·0326	8·29	8·56	1·0371	9·48	9·83	1·0416	10·55	10·99
1·0327	8·32	8·59	1·0372	9·50	9·85	1·0417	10·57	11·01
1·0328	8·34	8·61	1·0373	9·52	9·88	1·0418	10·60	11·04
1·0329	8·37	8·65	1·0374	9·55	9·91	1·0419	10·62	11·06
1·0330	8·40	8·68	1·0375	9·57	9·93	1·0420	10·65	11·10
1·0331	8·43	8·71	1·0376	9·59	9·95	1·0421	10·67	11·12
1·0332	8·45	8·73	1·0377	9·62	9·98	1·0422	10·70	11·15
1·0333	8·48	8·76	1·0378	9·64	10·00	1·0423	10·72	11·17
1·0334	8·51	8·79	1·0379	9·66	10·03	1·0424	10·75	11·21
1·0335	8·53	8·82	1·0380	9·69	10·06	1·0425	10·77	11·23
1·0336	8·56	8·85	1·0381	9·71	10·08	1·0426	10·80	11·26
1·0337	8·59	8·88	1·0382	9·73	10.10	1·0427	10·82	11·28
1·0338	8·61	8·90	1·0383	9·76	10·13	1·0428	10·85	11·31
1·0339	8·64	8·93	1·0384	9·78	10·16	1·0429	10·88	11·35

Wenn 1 cc titrimetr. klarer Würze bei 15° wiegt,	so ist der Extractgehalt in 100 g dieser Würze:	so ist der Extractgehalt in 100 cc dieser Würze:	Wenn 1 cc titrimetr. klarer Würze bei 15° wiegt,	so ist der Extractgehalt in 100 g dieser Würze:	so ist der Extractgehalt in 100 cc dieser Würze:	Wenn 1 cc titrimetr. klarer Würze bei 15° wiegt,	so ist der Extractgehalt in 100 g dieser Würze:	so ist der Extractgehalt in 100 cc dieser Würze:
g	g	g	g	g	g	g	g	g
1·0430	10·90	11·37	1·0475	12·01	12·58	1·0520	13·12	13·80
1·0431	10·93	11·40	1·0476	12·04	12·61	1·0521	13·14	13·82
1·0432	10·95	11·42	1·0477	12·06	12·64	1·0522	13·16	13·85
1·0433	10·98	11·46	1·0478	12·09	12·67	1·0523	13·19	13·88
1·0434	11·00	11·48	1·0479	12·11	12·69	1·0524	13·21	13·90
1·0435	11·03	11·51	1·0480	12·14	12·72	1·0525	13·24	13·94
1·0436	11·05	11·53	1·0481	12·16	12·74	1·0526	13·26	13·96
1·0437	11·08	11·56	1·0482	12·19	12·78	1·0527	13·29	13·99
1·0438	11·10	11·59	1·0483	12·21	12·80	1·0528	13·31	14·01
1·0439	11·13	11·62	1·0484	12·23	12·82	1·0529	13·34	14·05
1·0440	11·15	11·64	1·0485	12·26	12·85	1·0530	13·36	14·07
1·0441	11·18	11·67	1·0486	12·28	12·88	1·0531	13·38	14·09
1·0442	11·20	11·70	1·0487	12·31	12·91	1·0532	13·41	14·12
1·0443	11·23	11·73	1·0488	12·33	12·93	1·0533	13·43	14·15
1·0444	11·25	11·75	1·0489	12·36	12·96	1·0534	13·46	14·18
1·0445	11·28	11·78	1·0490	12·38	12·99	1·0535	13·48	14·20
1·0446	11·30	11·80	1·0491	12·41	13·02	1·0536	13·51	14·23
1·0447	11·33	11·84	1·0492	12·43	13·04	1·0537	13·53	14·26
1·0448	11·35	11·86	1·0493	12·45	13·06	1·0538	13·56	14·29
1·0449	11·38	11·89	1·0494	12·48	13·10	1·0539	13·58	14·31
1·0450	11·40	11·91	1·0495	12·50	13·12	1·0540	13·61	14·34
1·0451	11·43	11·95	1·0496	12·53	13·15	1·0541	13·63	14·37
1·0452	11·45	11·97	1·0497	12·55	13·17	1·0542	13·66	14·40
1·0453	11·48	12·00	1·0498	12·58	13·21	1·0543	13·68	14·42
1·0454	11·50	12·02	1·0499	12·60	13·23	1·0544	13·71	14·46
1·0455	11·53	12·05	1·0500	12·63	13·26	1·0545	13·73	14·48
1·0456	11·55	12·08	1·0501	12·65	13·28	1·0546	13·76	14·51
1·0457	11·57	12·10	1·0502	12·67	13·31	1·0547	13·78	14·53
1·0458	11·60	12·13	1·0503	12·70	13·34	1·0548	13·81	14·57
1·0459	11·62	12·15	1.0504	12·72	13·36	1·0549	13·83	14·59
1·0460	11·65	12·19	1·0505	12·75	13·39	1·0550	13·86	14·62
1·0461	11·67	12·21	1·0506	12·77	13·42	1·0551	13·88	14·64
1·0462	11·70	12·24	1·0507	12·80	13·45	1·0552	13·91	14·68
1·0463	11·72	12·26	1·0508	12·82	13·47	1·0553	13·93	14·70
1·0464	11·75	12·30	1·0509	12·85	13·50	1·0554	13·96	14·73
1·0465	11·77	12·32	1·0510	12·87	13·53	1·0555	13·98	14·76
1·0466	11·79	12·34	1·0511	12·90	13·56	1·0556	14·01	14·79
1·0467	11·82	12·37	1·0512	12·92	13·58	1·0557	14·03	14·81
1.0468	11·84	12·39	1·0513	12·94	13·60	1·0558	14·06	14·84
1·0469	11·87	12·43	1·0514	12·97	13·64	1·0559	14·08	14·87
1·0470	11·89	12·45	1·0515	12·99	13·66	1·0560	14·11	14·90
1·0471	11·92	12·48	1·0516	13·02	13·69	1·0561	14·13	14·92
1·0472	11·94	12·50	1·0517	13·04	13·71	1·0562	14·16	14·96
1·0473	11·97	12·54	1·0518	13·07	13·75	1·0563	14·18	14·98
1·0474	11·99	12·56	1·0519	13·09	13·77	1·0564	14·21	15·01

Wenn 1 cc titrimetr. klarer Würze bei 15° wiegt,	so ist der Extractgehalt in 100 g dieser Würze:	so ist der Extractgehalt in 100 cc dieser Würze:	Wenn 1 cc titrimetr. klarer Würze bei 15° wiegt,	so ist der Extractgehalt in 100 g dieser Würze:	so ist der Extractgehalt in 100 cc dieser Würze:	Wenn 1 cc titrimetr. klarer Würze bei 15° wiegt,	so ist der Extractgehalt in 100 g dieser Würze:	so ist der Extractgehalt in 100 cc dieser Würze:
g	g	g	g	g	g	g	g	g
1·0565	14·23	15·03	1·0610	15·36	16·30	1·0655	16·37	17·44
1·0566	14·26	15·07	1·0611	15·38	16·32	1·0656	16·40	17·48
1·0567	14·28	15·09	1·0612	15·40	16·34	1·0657	16·42	17·50
1·0568	14·31	15·12	1·0613	15·43	16·38	1·0658	16·45	17·53
1·0569	14·33	15·15	1·0614	15·45	16·40	1·0659	16·47	17·56
1·0570	14·36	15·18	1·0615	15·47	16·42	1·0660	16·50	17·59
1·0571	14·38	15·20	1·0616	15·49	16·44	1·0661	16·52	17·61
1·0572	14·41	15·23	1·0617	15·52	16·48	1·0662	16·54	17·63
1·0573	14·44	15·27	1·0618	15·54	16·50	1·0663	16·57	17·67
1·0574	14·46	15·29	1·0619	15·56	16·52	1·0664	16·59	17·69
1·0575	14·49	15·32	1·0620	15·58	16·55	1·0665	16·62	17·73
1·0576	14·52	15·36	1·0621	15·60	16·57	1·0666	16·64	17·75
1·0577	14·54	15·38	1·0622	15·63	16·60	1·0667	16·67	17·78
1·0578	14·57	15·41	1·0623	15·65	16·62	1·0668	16·69	17·80
1·0579	14·59	15·43	1·0624	15·67	16·64	1·0669	16·72	17·84
1·0580	14·62	15·47	1·0625	15·69	16·66	1·0670	16·74	17·86
1·0581	14·65	15·50	1·0626	15·72	16·70	1·0671	16·76	17·88
1·0582	14·67	15·52	1·0627	15·74	16·73	1·0672	16·79	17·92
1·0583	14·70	15·56	1·0628	15·76	16·75	1·0673	16·81	17·94
1·0584	14·73	15·59	1·0629	15·78	16·77	1·0674	16·84	17·98
1·0585	14·75	15·61	1·0630	15·80	16·80	1·0675	16·86	18·00
1·0586	14·78	15·65	1·0631	15·83	16·83	1·0676	16·89	18·03
1·0587	14·81	15·68	1·0632	15·85	16·85	1·0677	16·91	18·05
1·0588	14·83	15·70	1·0633	15·87	16·87	1·0678	16·94	18·09
1·0589	14·86	15·74	1·0634	15·89	16·90	1·0679	16·96	18·11
1·0590	14·89	15·77	1·0635	15·92	16·93	1·0680	16·99	18·15
1·0591	14·91	15·79	1·0636	15·94	16·95	1·0681	17·01	18·17
1·0592	14·94	15·82	1·0637	15·96	16·98	1·0682	17·03	18·19
1·0593	14·96	15·85	1·0638	15·98	17·00	1·0683	17·06	18·23
1·0594	14·99	15·88	1·0639	16·01	17·03	1·0684	17·08	18·25
1·0595	15·02	15·91	1·0640	16·03	17·06	1·0685	17·11	18·28
1·0596	15·04	15·94	1·0641	16·05	17·08	1·0686	17·13	18·31
1·0597	15·07	15·97	1·0642	16·07	17·10	1·0687	17·16	18·34
1·0598	15·09	15·99	1·0643	16·09	17·12	1·0688	17·18	18·36
1·0599	15·11	16·02	1·0644	16·12	17·16	1·0689	17·21	18·40
1·0600	15·14	16·05	1·0645	16·14	17·18	1·0690	17·23	18·42
1·0601	15·16	16·07	1·0646	16·16	17·20	1·0691	17·25	18·44
1·0602	15·18	16·09	1·0647	16·18	17·23	1·0692	17·28	18·48
1·0603	15·20	16·12	1·0648	16·21	17·26	1·0693	17·30	18·50
1·0604	15·23	16·15	1·0649	16·23	17·28	1·0694	17·33	18·53
1·0605	15·25	16·17	1·0650	16·25	17·31	1·0695	17·35	18·56
1·0606	15·27	16·20	1·0651	16·27	17·33	1·0696	17·38	18·59
1·0607	15·29	16·22	1·0652	16·30	17·36	1·0697	17·40	18·61
1·0608	15·31	16·24	1·0653	16·32	17·39	1·0698	17·43	18·65
1·0609	15·34	16·27	1·0654	16·35	17·42	1·0699	17·45	18·67

Wenn 1 cc titrimetr. klarer Würze bei 15° wiegt,	so ist der Extractgehalt in		Wenn 1 cc titrimetr. klarer Würze bei 15° wiegt,	so ist der Extractgehalt in		Wenn 1 cc titrimetr. klarer Würze bei 15° wiegt,	so ist der Extractgehalt in	
	100 g	100 cc		100 g	100 cc		100 g	100 cc
	dieser Würze:			dieser Würze:			dieser Würze:	
g	g	g	g	g	g	g	g	g
1·0700	17·48	18·70	1·0745	18·49	19·87	1·0790	19·44	20·98
1·0701	17·50	18·73	1·0746	18·51	19·89	1·0791	19·46	21·00
1·0702	17·52	18·75	1·0747	18·53	19·91	1·0792	19·49	21·03
1·0703	17·54	18·77	1·0748	18·55	19·94	1·0793	19·51	21·06
1·0704	17·57	18·81	1·0749	18·57	19·96	1·0794	19·53	21·08
1·0705	17·59	18·83	1·0750	18·59	19·98	1·0795	19·56	21·11
1·0706	17·61	18·85	1·0751	18·62	20·02	1·0796	19·58	21·14
1·0707	17·63	15·88	1·0752	18·64	20·04	1·0797	19·60	21·16
1·0708	17·66	18·91	1·0753	18·66	20·07	1·0798	19·63	21·20
1·0709	17·68	18·93	1·0754	18·68	20·09	1·0799	19·65	21·22
1·0710	17·70	18·96	1·0755	18·70	20·11	1·0800	19·67	21·24
1·0711	17·72	18·98	1·0756	18·72	20·14	1·0801	19·70	21·28
1·0712	17·75	19·01	1·0757	18·74	20·16	1·0802	19·72	21·30
1·0713	17·77	19·04	1·0758	18·76	20·18	1·0803	19·74	21·33
1·0714	17·79	19·06	1·0759	18·78	20·21	1·0804	19·77	21·36
1·0715	17·81	19·08	1·0760	18·81	20·24	1·0805	19·79	21·38
1·0716	17·84	19·12	1·0761	18·83	20·26	1·0806	19·81	21·41
1·0717	17·86	19·14	1·0762	18·85	20·29	1·0807	19·84	21·43
1·0718	17·88	19·16	1·0763	18·87	20·31	1·0808	19·86	21·46
1·0719	17·90	19·19	1·0764	18·89	20·33	1·0809	19·88	21·49
1·0720	17·93	19·22	1·0765	18·91	20·36	1·0810	19·91	21·52
1·0721	17·95	19·24	1·0766	18·93	20·38	1·0811	19·93	21·55
1·0722	17·97	19·27	1·0767	18·95	20·40	1·0812	19·96	21·58
1·0723	17·99	19·29	1·0768	18·97	20·43	1·0813	19·98	21·60
1·0724	18·02	19·32	1·0769	19·00	20·46	1·0814	20·00	21·63
1·0725	18·04	19·35	1·0770	19·02	20·48	1·0815	20·03	21·66
1·0726	18·06	19·37	1·0771	19·04	20·51	1·0816	20·05	21·69
1·0727	18·08	19·39	1·0772	19·06	20·53	1·0817	20·07	21·71
1·0728	18·11	19·43	1·0773	19·08	20·55	1·0818	20·10	21·74
1·0729	18·13	19·45	1·0774	19·10	20·58	1·0819	20·12	21·77
1·0730	18·15	19·47	1·0775	19·12	20·60	1·0820	20·14	21·79
1·0731	18·17	19·50	1·0776	19·14	20·63	1·0821	20·17	21·83
1·0732	18·20	19·53	1·0777	19·17	20·66	1·0822	20·19	21·85
1·0733	18·22	19·55	1·0778	19·19	20·68	1·0823	20·21	21·87
1·0734	18·24	19·58	1·0779	19·21	20·71	1·0824	20·24	21·91
1·0735	18·26	19·60	1·0780	19·23	20·73	1·0825	20·26	21·93
1·0736	18·29	19·64	1·0781	19·25	20·75	1·0826	20·28	21·96
1·0737	18·31	19·66	1·0782	19·27	20·78	1·0827	20·31	21·99
1·0738	18·33	19·68	1·0783	19·29	20·80	1·0828	20·33	22·01
1·0739	18·35	19·71	1·0784	19·31	20·82			
1·0740	18·38	19·74	1·0785	19·33	20·85			
1·0741	18·40	19·76	1·0786	19·36	20·88			
1·0742	18·42	19·79	1·0787	19·38	20·90			
1·0743	18·44	19·81	1·0788	19·40	20·93			
1·0744	18·47	19·84	1·0789	19·42	20·95			

Tabelle XVI. A. Alkohol.

Specifisches Gewicht und Gewichtsprocente (von 0·5 bis 10%).
Nach Fownes; 15,5° C.

Specifisches Gewicht bei 15·5° C.	Gewichts-procente Alkohol	Specifisches Gewicht bei 15·5° C.	Gewichts-procente Alkohol	Specifisches Gewicht bei 15·5° C.	Gewichts-procente Alkohol
0·9991	0·50	0·9940	3·41	0·9889	6·64
0·9990	0·55	39	3·47	888	6·71
89	0·60	8	3·53	7	6·79
8	0·65	7	3·59	6	6·86
7	0·70	6	3·65	5	6·93
6	0·75	5	3·71	4	7·00
5	0·80	4	3·77	3	7·07
4	0·85	3	3·82	2	7·13
3	0·90	2	3·88	1	7·20
2	0·95	1	3·94	0·9880	7·27
1	1·00	0·9930	4·00	79	7·33
0·9980	1·06	29	4·06	8	7·40
79	1·12	8	4·12	7	7·46
8	1·19	7	4·19	6	7·53
7	1·25	6	4·25	5	7·60
6	1·31	5	4·31	4	7·66
5	1·37	4	4·37	3	7·73
4	1·44	3	4·44	2	7·80
3	1·50	2	4·50	1	7·86
2	1·56	1	4·56	0·9870	7·93
1	1·62	0·9920	4·62	69	8·00
0·9970	1·69	19	4·69	8	8·07
69	1·75	8	4·75	7	8·14
8	1·81	7	4·81	6	8·21
7	1·87	6	4·87	5	8·29
6	1·94	5	4·94	4	8·36
5	2·00	4	5·00	3	8·43
4	2.06	3	5·06	2	8·50
3	2·11	2	5·12	1	8·57
2	2·17	1	5·19	0·9860	8·64
1	2·22	0·9910	5·25	59	8·71
0·9960	2·28	09	5·31	8	8·79
59	2·33	8	5·37	7	8·86
8	2·39	7	5·44	6	8·93
7	2·43	6	5·50	5	9·00
6	2·49	5	5·56	4	9·07
5	2·54	4	5·62	3	9·14
4	2·60	3	5·69	2	9·21
3	2·65	2	5·75	1	9·29
2	2·71	1	5·81	0·9850	9·36
1	2·76	0·9900	5·87	49	9·43
0·9950	2·82	899	5·94	8	9·50
49	2·87	8	6·00	7	9·57
8	2·93	7	6·07	6	9·64
7	3·00	6	6·14	5	9·71
6	3·06	5	6·21	4	9·79
5	3·12	4	6·29	3	9·86
4	3·18	3	6·36	2	9·93
3	3·24	2	6·43	1	10·00
2	3·29	1	6·50		
1	3·35	0·9890	6·57		

Tabelle XVI. B. Alkohol.

Specifisches Gewicht, Volumprocente und Gewichtsprocente.

Volumprocente nach Tralles	Gewichts-procente	Specifisches Gewicht	Volumprocente nach Tralles	Gewichts-procente	Specifisches Gewicht	Volumprocente nach Tralles	Gewichts-procente	Specifisches Gewicht
0	0	1·0000	35	28·99	592	70	62·50	900
1	0·80	0.9985	36	29·86	79	71	63·58	875
2	1·60	70	37	30·74	65	72	64·66	50
3	2·40	56	38	31·62	50	73	65·74	24
4	3·20	42	39	32·50	35	74	66·83	799
5	4·00	28	40	33·39	19	75	67·93	73
6	4·81	15	41	34·28	03	76	69·05	47
7	5·62	02	42	35·18	487	77	70·18	20
8	6·43	890	43	36·08	70	78	71·31	693
9	7·24	78	44	36·99	52	79	72·45	64
10	8·05	66	45	37·90	35	80	73·59	39
11	8·87	54	46	38·82	17	81	74·74	11
12	6·69	44	47	39·74	399	82	75·91	583
13	10·51	32	48	40·66	81	83	77·09	55
14	11·33	21	49	41·59	62	84	78·29	26
15	12·15	11	50	42·52	43	85	79·50	496
16	12·98	00	51	43·47	23	86	80·71	66
17	13·80	790	52	44·42	03	87	81·94	36
18	14·63	80	53	45·36	283	88	83·19	05
19	15·46	70	54	46·32	62	89	84·46	373
20	16·28	60	55	47·29	42	90	85·75	40
21	17·11	50	56	48·26	21	91	87·09	06
22	17·95	40	57	49·23	00	92	88·37	272
23	18·78	29	58	50·21	178	93	89·71	37
24	19·62	19	59	51·20	56	94	91·07	01
25	20·46	09	60	52·20	34	95	92·46	164
26	21·30	698	61	53·20	12	96	93·89	25
27	22·14	88	62	54·21	090	97	95·34	084
28	22·99	77	63	55·21	67	98	96·84	41
29	23·84	66	64	56·22	44	99	98·39	7995
30	24·69	55	65	57·24	21	100	100·00	0·7946
31	25·55	43	66	58·27	0·8997			
32	26·41	31	67	59·32	73			
33	27·27	0·9618	68	60·38	49			
34	28·13	05	69	61·42	25			

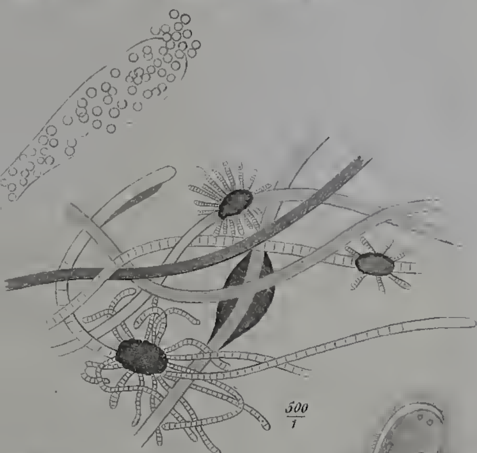
Tabelle XII. Factoren zur Berechnung der gesuchten Substanz aus der gefundenen.

Gesucht:	Gefunden:	
Ammoniak — $2(NH_3)$ . .	Ammoniumplatinchlorid — $(NH_4Cl)_2PtCl_4$.	0·076
Ammoniak — $2(NH_3)$ . .	Schwefelsäure — SO_3	0·425
Ammoniak — NH_3 . .	Stickstoff — N	1·214
Arsenige Säure — As_2O_3	Arsentrisulfid — As_2S_3	0·805
Baryt — BaO	Kohlensäure — CO_2	3·477
Baryt — BaO	Bariumcarbonat — $BaCO_3$	0·777
Baryt — BaO	Bariumsulfat — $BaSO_4$	0·657
Blei — Pb	Bleisulfat — $PbSO_4$	0·683
Bleioxyd — PbO . . .	Bleisulfat — $PbSO_4$	0·736
Calcium — Ca	Calciumoxyd — CaO	0·714
Chlor — Cl	Chlorsilber — AgCl	0·247
Chlorkalium — KCl . .	Kaliumplatinchlorid — $(KCl)_2PtCl_4$ . . .	0·305
Eisen — Fe	Eisenoxydul — FeO	0·778
Eisen — 2Fe	Eisenoxyd — F_2O_3	0·700
Eisenoxyd — Fe_2O_3 . .	Eisenoxydul — 2(FeO)	1·111
Eisenoxyd — Fe_2O_3 . .	Ferriphosphat — $Fe_2(PO_4)_2$	0·530
Essigsäure — $C_2H_4O_2$.	Schwefelsäure — SO_3	1·500
Kali — K_2O	Kaliumplatinchlorid — $(KCl)_2.PtCl_4$ . . .	0·193
Kali — K_2O	Kohlensäure — CO_2	2·141
Kali — K_2O	Schwefelsäure — SO_3	1·178
Kalk — CaO	Kohlensäure — CO_2	1·273
Kalk — CaO	Calciumcarbonat — $CaCO_3$	0·560
Kohlenstoff — C . . .	Kohlensäure — CO_2	0·273
Kohlensäure — CO_2 . .	Bariumcarbonat — $BaCO_3$	0·223
Kupfer — Cu	Kupferoxyd — CuO	0·798
Magnesia — 2MgO . .	Pyrophosphors. Magnesium — $Mg_2P_2O_7$.	0·360
Milchsäure — $C_3H_6O_3$.	Schwefelsäure — SO_3	2·250
Phosphorsäure — P_2O_5 .	Pyrophosphors. Magnesium — $Mg_2P_2O_7$ . .	0·640
Proteïnstoffe	Stickstoff — N	6·250
Rohrzucker — $C_{12}H_{22}O_{11}$	Traubenzucker — $2(C_6H_{12}O_6)$	0·950
Salpetersäure — N_2O_5 .	Ammoniak — NH_3	3·176
Salpetersäure — N_2O_5 .	Stickstoff — 2N	3·857
Schwefelsäure — SO_3 . .	Bariumsulfat — $BaSO_4$	0·343
Stärkemehl — $C_6H_{10}O_5$.	Traubenzucker — $C_6H_{12}O_6$	0·900
Stickstoff — N	Ammoniak — NH_3	0·823
Stickstoff — 2N . . .	Ammoniumplatinchlorid — $(NH_4Cl)_2PtCl_4$.	0·0627
Stickstoff — 2N . . .	Schwefelsäure — SO_3	0·350
Weinsäure — $C_4H_6O_6$.	Schwefelsäure — SO_3	1·875
Weinstein — $C_4H_4O_6HK$	Schwefelsäure — SO_3	4·701

Sachregister.



Pollen, Stärkekörner (nach Parkes, Cunningham u. A.).

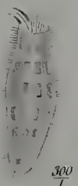


(nach Cohn).

Rasen von Crenothrix.



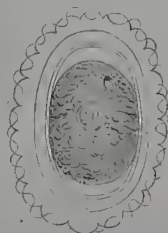
12. Paramecium putrinum.



11. Coleps uarinatus.



19. Freier Embryo von Distomum hepaticum.



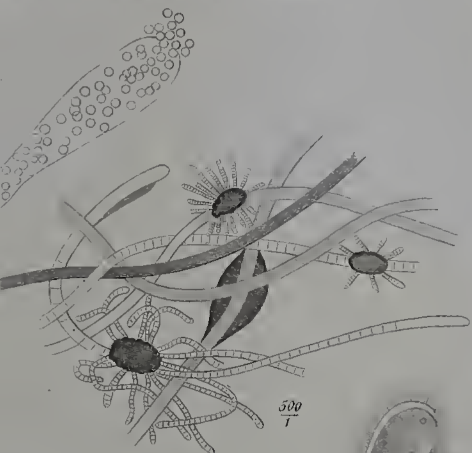
20. Ei von Ascaris lumbricoides mit Schale und Eiweisshülle.

Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.



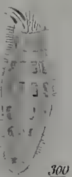


Pollen, Stärkekörner (nach Parkes, Cunningham u. A.).

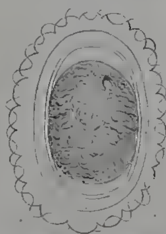


nach Cohn).

Rasen von Crenothrix.



11. Coleps uncinatus.



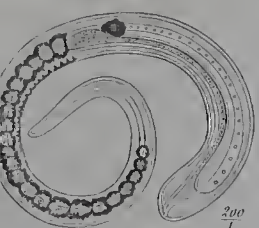
12. Paramecium putrinum.



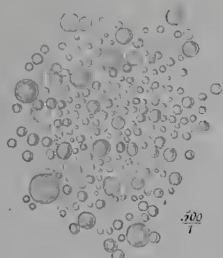
19. Freier Embryo von Distomum hepaticum.

20. Ei von Ascaris lumbricoides mit Schale und Eiweisshülle.

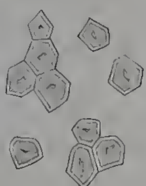
Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.



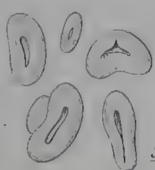
6. Weibliche Trichine.



7. Reine Milch.



14. Reis.



15. Bohne.

im Mehl.
…aries.



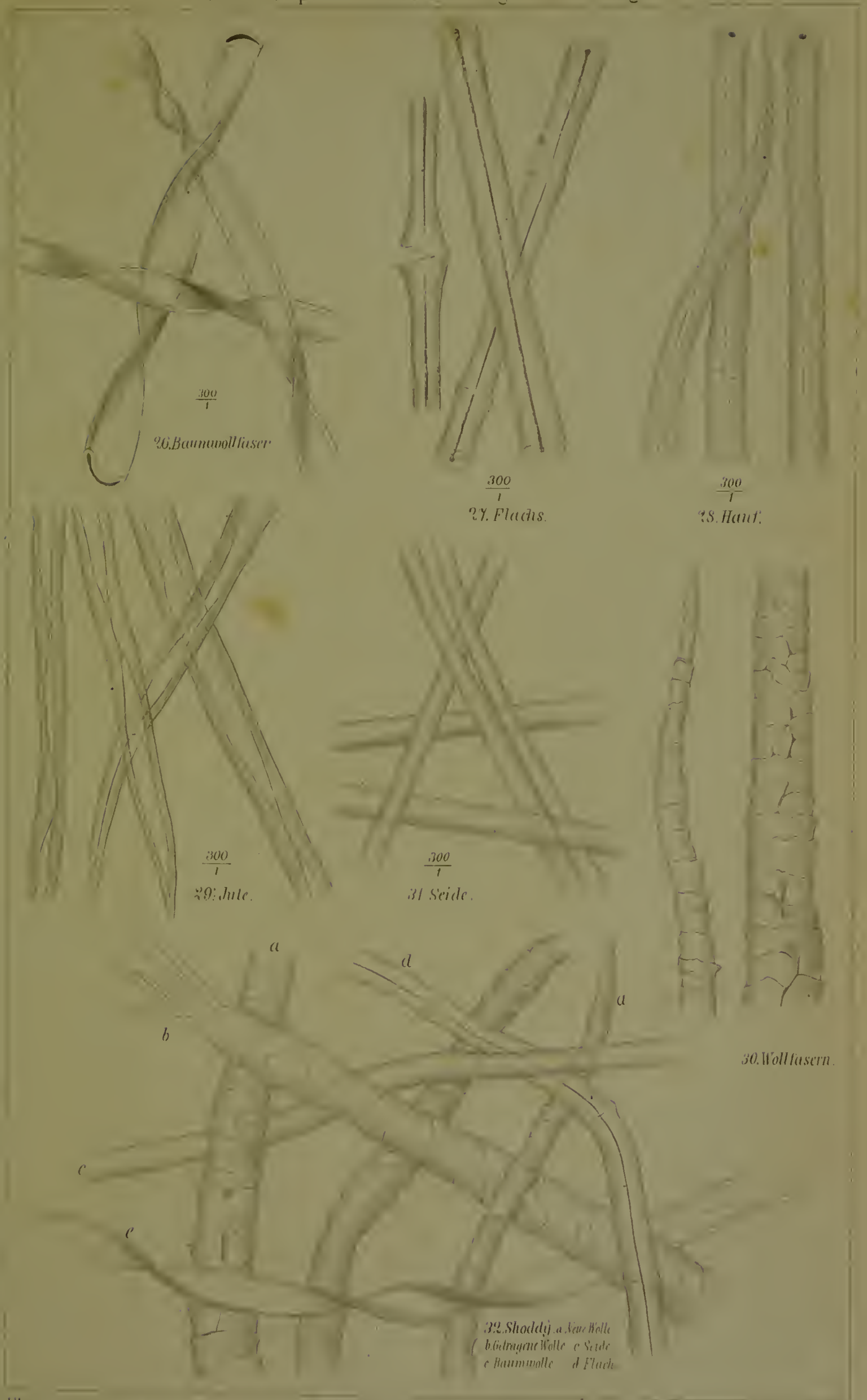
21. Puccinia graminis.



25. Chinesischer Thee.

Lith. Anst. v. E. A. Funke.




300/1
26. Baumwollfaser
300/1
27. Flachs.
300/1
28. Hanf.
300/1
29. Jute.
300/1
31. Seide.
30. Wollfasern.
a
b
d
a
c
e
32. Shoddy. a Neue Wolle b. Getragene Wolle c Seide e Baumwolle d Flachs





